

Gödslingsrekommendationer och optimala kvävegivor för lönsamhet och kväveeffektivitet i praktisk spannmålsodling

En förstudie av hur mycket gödselgivorna i praktiken skiljer sig från
beräknat optimala givor enligt dagens officiella rekommendationer
genom uppföljning av fältförsök och av gårdsdata från Lantmännens
databas över Svenskt Sigill-gårdar

Maria Stenberg¹, Erika Bjurling², Ingemar Gruvaeus¹ och Kjell Gustafsson³

¹ Hushållningssällskapet Skaraborg, Box 124, 532 22 Skara

² Lantmännen, Spannmål, Box 905, 601 19 Norrköping

³ Lantmännen, Växtodling, Östra Hamnen, 531 87 Lidköping

Tack till Stiftelsen Lantbruksforskning, alla lantbrukare med Sigill-kontrakterad odling samt Mellansvenska försökssamarbetet som gjorde det möjligt att genomföra denna förstudie.

HS rapport nr 3/2005
Hushållningssällskapet Skaraborg



Sammanfattning

Kväve står för en stor del av utgifterna i en kalkyl för växtodlingen samtidigt som det svarar för en betydande del av jordbrukets belastning på omgivande miljö. Behovet av hög kväveeffektivitet i lantbruket är därför stort – både produktionsekonomiskt och med hänsyn tagen till miljön. Den övergripande frågeställningen har i denna studie varit att jämföra hur kvävegödselgivorna i praktiken skiljer sig från beräknat optimala kvävegivor enligt dagens officiella rekommendationer. För att svara på frågeställningen har vi samlat in och sammanställt data från Lantmännens leverantörer av Svenskt Sigill-spannmål och från fältförsök utförda i södra Sverige. Oavsett beräkningssätt av optimal giva enligt uppnådd proteinhalt eller enligt Jordbruksverkets rekommendationer visade förstudien att gödslingen på gårdarna låg 30-40 kg N ha⁻¹ över optimum. Denna sammanställning ger endast en bild över gödslingsnivåer i Sigill-kontrakterat höstvete. Är denna bild representativ för höstveteodlingen generellt? I en fortsatt analys av materialet är det viktigt att analysera orsaker till överoptimal gödsling både ur ett produktionsekonomiskt perspektiv och ur ett miljöperspektiv. Vilka ”Säkerhetsmarginaler” behövs – hur mycket kväve kan man plocka bort från odlingen med rimlig medelproteinhalt?

Bakgrund

Lantbruket måste kombinera miljömål med andra mål som att förena produktion med lönsamhet och också ha verktyg för att visa hur målen uppfylls. Att behovsanpassa tillförsel av växtnäring i produktionen är ett område där miljömål kombineras med produktionsmål. Strävan efter att insatser i jordbruket utnyttjas i så hög grad som möjligt grundar sig både på produktionsekonomiskt tänkande och på minimerad negativ belastning på omgivande miljö. Fokus sätts ofta på kvävet i jordbruket. Kväve är tillsammans med vatten de största begränsande faktorerna för växtodling i norra Europa (Delin, 2005). Tillgång av kväve, både mängd och rätt tidpunkt, är också av stor betydelse för proteinhalten i spannmål (Gooding & Davies, 1997). För mycket kväve kan å andra sidan leda till liggsäd vilket i sin tur påverkar spannmålskvaliteten. Genom att anpassa kvävegivan utifrån behov och ekonomiskt optimum blir även det ekonomiska utbytet av spannmålsgrödan optimalt. I en undersökning utförd av Engström & Gruvaeus (1998) studerades 160 ettåriga kväveförsök utförda av Yara AB mellan 1980-1997. Undersökningen visade att den optimala kvävegivan påverkas främst av mineralkvävet på våren, även skördenivån och lerhalten hade betydelse för optimum.

Kvävet står för en stor del av utgifterna i en kalkyl för växtodlingen samtidigt som det svarar för en betydande del av jordbrukets belastning på omgivande miljö. Om kvävetillförseln är hög och sker vid fel tidpunkt, t.ex. före stora nederbörds mängder, ökar risken för kväveförluster såsom utlakning och denitrifikation (Esala & Leppanen, 1998). Behovet av hög kväveeffektivitet i lantbruket är därför stort – både produktionsekonomiskt och med hänsyn tagen till miljön.

Det finns för närvarande ett antal olika verktyg och andra hjälpmedel till hands för rådgivare och lantbrukare för att kunna behovsanpassa växtnäringsgivor och som i sin tur kan leda till att miljömålen, enligt ovan, uppfylls. Verktyg som rådgivarna har för att ge lantbrukaren och miljön bästa möjliga råd. Förutom Jordbruksverkets årliga gödslingsrekommendationer (Jordbruksverket, 2003a) finns verktyg för växtnäringssbalanser som beräkningsprogrammet STANK (Jordbruksverket, 2001a) och från november 2004 STANK in MIND, Kalksalpetermätare, växt- och jordanalys och N-sensor. Olika utbildningssatsningar för lantbrukare har genomförts. Sedan 2000 genomförs t.ex. informationssatsningen "Greppa Näringen" (www.greppa.nu) i de sydligare av Götalands län samt sedan 2003 även Västra Götalands län.

Årligen genomförs ett antal fältförsök i landet som underlag för utveckling av växtodlingen och som beslutsunderlag i produktionen. Utifrån resultat från fältförsök där olika strategier för kvävegödsling jämförs beräknas t.ex. optimala kvävegödslingsnivåer. Detta görs genom kvävegödslingsstegar och fördelning av givor i tiden. Förutom att avkastningen mäts, provtas ofta grödor och jord och analyseras på innehåll av totalkväve i kärna (protein) och mineralkväve i jord (lättlösligt, upptagbart kväve). Dessutom används så kallade 0N-rutor, små ytor utan kvävegödsel i försöken, för att bestämma hur mycket kväve som marken levererar till grödan under växstsäsongen. Dessa resultat utvärderas utifrån det enskilda årets förutsättningar som t.ex. väder. Resultat från en stor del av fältförsöken i Sverige finns samlade i en databas, Databas för fältförsök, SLU (www.ffe.slu.se). Sammanställningar över åren av enskilda försöksserier görs även (se t.ex. Gruvaeus, 2001; Gruvaeus 2002; Gruvaeus, 2003; Gruvaeus, 2004).

För att kunna beräkna omfattningen på lantbruksföretagets resursanvändning och miljöpåverkan har ett antal olika miljönyckeltal utarbetats. Ett användbart miljönyckeltal ska vara utformat så att det är relevant, resultatet av beräkningarna ska vara baserade på tillförlitliga data samt att modellen ska vara lätt att förstå och hantera. (Bendz, 2001). Miljönyckeltal för kväve på skiftesnivå har utvecklats av Svenskt Sigill/Lantmännen i samarbete med arbetsgruppen för miljönyckeltal (Gustafsson et al., 2001). Modellen möjliggör en gröd- och fältanpassad uppföljning. Sedan 1998 finns odlingsdokumentation i form av miljönyckeltal registrerat i Lantmännens databas för Svenskt Sigill-odlad spannmål. Varje höst redovisas skriftligen eller via webben, mängd använda insatsmedel (gödsel och/eller pesticider), skörd och andra förutsättningar. Dokumentationen används sedan som redovisning dels till kund men framförallt som återkoppling till lantbrukaren.

Höstvetets utnyttjande av tillfört kväve i fältförsök med en studie av orsakerna bakom olika fälts nyckeltal från dokumentationer på enskilda gårdar skulle kunna ge en bild av kväveeffektiviteten i växtodlingen idag och för hur den framtida rådgivningen skall inriktas. Inom rådgivningen beräknas gödselgivan från bland annat förväntad skörd, förfrukt och stallgödsel. Optimala kvävegödslingsnivåer varierar mellan olika år i första hand beroende på skörd, markkvävetillgång och kväveförluster och i andra hand beroende på pris på kväve och produkt. Från de verkliga skördarna och markdata kan också beräknad optimal giva enligt dagens normer tas fram. En jämförelse av odlingsresultat och gödsling med den rekommenderade givan kan ge indikationer på om man idag inte lyckas på ett korrekt sätt ta hänsyn till olika faktorer. Till exempel kan detta gälla förfruktsverkan, jordart och stallgödselvärdering.

Syfte

Den övergripande frågeställningen har i denna studie varit att jämföra hur kvävegödselgivorna i praktiken skiljer sig från beräknat optimala kvävegivor enligt dagens officiella rekommendationer. För att svara på frågeställningen har vi sammanställt odlingsdata från Lantmännens leverantörer av Svenskt Sigill-spannmål och från fältförsök utförda i södra Sverige.

Material och metoder

I den här studien sammanställdes 14 000 skiften med kontraktsodlat höstvete, malkorn och grynshavre under åren 2000-2003 från Lantmännens databas. Resultat från svenska fältförsök med kvävegödslingsstegar i höstvete från skördeåren 2000 till 2003 från områden med Sigillkontrakterad odling sammanställdes även. Sammanställning, databearbetning och utvärdering avgränsades till höstvete odlat som brödsäd. Både gårdar med och utan djur är med i sam-

manställningen. Hänsyn har tagits till antal djurenheter per hektar vid beräkning av totalt tillfört kväve. Däremot är inte fält med stallgödsel tillförd till grödan med.

Fältförsök från Mellansverige för åren 2000-2003 har varit underlag för beräkningar av optimala kvävegödselgivor och proteinnivåer. Främst är det resultat från en försöksserie med höstvetesorter och olika kvävenivåer som legat till grund för beräkning av proteinhalt vid optimal kvävegiva. Dessa beräkningar gav 40 kg N ha^{-1} per procentenhet avvikelse från optimal proteinhalt (Gruvaeus, 2001; Gruvaeus 2002; Gruvaeus, 2003; Gruvaeus, 2004). En linjär beräkning av avvikelse har använts trots att bakgrundsmaterial för beräkningar vid mycket höga proteinhalter saknats. För beräkning av kvävegödselgiva har Jordbruksverkets rekommendationer för 2004 använts (Jordbruksverket, 2003a). Dessutom har jämförelser gjorts med officiell statistik (Jordbruksverket, 2000; SCB, 2000; Jordbruksverket, 2001b; SCB, 2001; Jordbruksverket, 2002; SCB, 2002; Jordbruksverket, 2003b; SCB, 2003), och efter diskussioner med rådgivare för område.

För att svara på projektets frågeställning har följande parametrar för de olika grödorna sammanställts och beräknats med medelvärden, median och frekvenser för alla skiften och för olika grupperingar:

- Erhållen skörd och proteinhalt utifrån lantbrukarens rapportering.
- Faktiska kvävegivor i form av mineralgödsel.
- Beräkning av aktuell optimal kvävegiva enligt rekommendationer från Jordbruksverket baserad på erhållen skörd och justerad för förfruktseffekt. Uppnådd skörd i ton multiplicerades med $20 \text{ kg N per ton plus } 15 \text{ kg N minus förfruktseffekt}$ (parameter **A** nedan).
- Skillnad i kg N ha^{-1} mellan optimal kvävegiva enligt rekommendationer från Jordbruksverket (parameter **A**) och aktuell giva mineralkvävegödsel (parameter **B** nedan).
- Kvävegiva för optimal gödsling beräknad utifrån sortens proteinhalt vid gödsling för optimal skörd. Aktuell kvävegiva korrigeras med 40 kg N ha^{-1} per avvikande %-enhet protein efter för sorten optimal proteinhalt (parameter **C** nedan). På basis av sortförsök, gödslingsförsök och gällande odlingskontrakt har optimala proteinhalter antagits vara: Kosack och Stava 11,5 % samt Olivin och Tarso 12 % (Gruvaeus, 2001; Gruvaeus, 2002; Gruvaeus, 2003; Lantmännen, 2003; Gruvaeus, 2004).
- Skillnad mellan för sorten optimal proteinhalt och aktuell proteinhalt omräknad till kg N ha^{-1} enligt 40 kg N ha^{-1} per avvikande %-enhet protein (parameter **D** nedan). Denna ändring av kvävegivan skulle ha gjorts för att uppnå optimal proteinhalt.
- Kväveeffektivitet enligt modell för miljönyckeltal (Bendz, 2001; Gustafsson et al., 2001) från bortfört kväve i kärna och tillfört kväve som mineralgödsel och inklusive övrigt kväve. Övrigt kväve = förfruktskväve + utsädeskväve + kvävenedfall + mineraliserat kväve vid mullhalt över 4 % + efterverkan av stallgödselkväve. Bortförsel av kväve i skörderester är alltså inte inkluderat i denna beräkning, vilket skiljer sig från den nyckeltalsmodell som Lantmännen använt vid rapportering av Svenskt Sigill-odlad spannmål.
- Kväveöverskott, tillförsel – bortförsel av kväve (kg N ha^{-1}), beräknat per hektar samt per ton producerat vete.

I sammanställningen redovisas ett antal av dessa beräkningar som parametrar för jämförelse. Parametrarna beräknades enligt följande och redovisas i kg N ha⁻¹:

- A. Optimal kvävegiva enligt Jordbruksverkets rekommendationer utifrån erhållen skörd och förfruktseffekt.
- B. Differens mellan optimal kvävegiva enligt Jordbruksverket (parameter A) och aktuell tillförd kvävegiva.
- C. Kvävegiva för optimal skörd och proteinhalt.
- D. Differens mellan kvävegiva vid optimal skörd och proteinhalt (parameter C) och aktuell kvävegiva.

Grupperingar av data redovisas efter län, sort och år. Beräkningarna presenteras i tabeller och figurer både som medelvärden och med hela materialet. Alla medelvärden som beräknats för olika grupperingar har viktats med avseende på arealer. Som spridningsmått vid beräkning av medelvärden användes standardavvikelsen (SD). Här redovisas främst beräkningar av parameter A-D. För en fullständig sammanställning hänvisas till Stenberg et al. (2005) <http://povmv.slu.se/>.

Resultat och diskussion

Datamaterialet över Sigill-kontrakterat höstvetes odlats som brödspannmål sammanställdes och bearbetades för de olika parametrar som finns i databasen. Arealviktade medelvärden beräknades för databasens parametrar och parametrarna A-D. Medelvärden för skillnader mellan parametrarna A-D beräknades för olika grupperingar. Den huvudsakliga inriktningen på redovisningen i den här rapporten var beräkningar av optimal samt aktuell kvävegödsling samt jämförelser mellan dessa. Totalt sammanställdes och bearbetades data från 4419 skiften med höstvetes om totalt 58 366 ha för åren 2000-2003, varav 11 462 ha år 2000, 15 483 ha år 2001, 12 161 ha år 2002 och 19 261 ha år 2003. För de sorter som odlades i första hand fördelades arealen på Tarso om 22 537 ha, Stava 14 536 ha och Kosack 19 963 ha. Medelavkastningen oavsett sort, område eller år var 6070 kg ha⁻¹ (SD 1253). Mineralkvävegivan i medeltal för hela materialet var 160 kg N ha⁻¹ (SD 25) med ett minimivärde på 0 kg N ha⁻¹ och ett maximivärde på 285 kg N ha⁻¹. De standardavvikelser som beräknats visar på stor variation inom materialet.

Tabell 1. Kvävegiva (N kg ha⁻¹), proteinhalt (% av ts), skörd (kg ha⁻¹ vid 14 % vattenhalt) samt beräknade parametrar (N kg ha⁻¹) uppdelade på år 2000-2003 (2000 (n=803); 2001 (n=1102); 2002 (n=1002) och 2003 (n=1512))

	År	Mineral- gödsel (N kg ha ⁻¹)	Protein (%)	Skörd, (kg ha ⁻¹)	A, (N kg ha ⁻¹)	B, (N kg ha ⁻¹)	C, (N kg ha ⁻¹)	D, (N kg ha ⁻¹)
Medel	2000	166	12,7	6514	135	32	128	38
	2001	159	12,4	6120	128	31	132	28
	2002	162	12,3	6451	135	27	137	25
	2003	157	13,2	5520	115	42	99	59
SD	2000	26	0,8	1 160	25	24	32	27
	2001	26	0,8	1 340	27	25	42	32
	2002	24	0,6	920	19	24	34	25
	2003	25	0,7	1 230	24	25	38	29

A. Optimal kvävegiva enligt SJV:s rekommendationer utifrån erhållen skörd och förfruktseffekt.

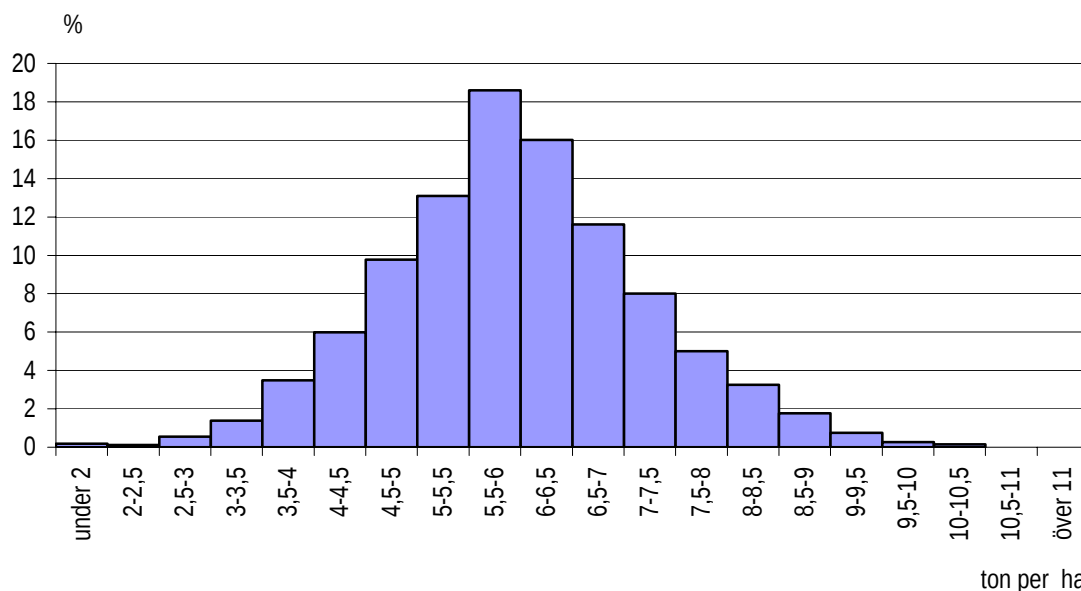
B. Differens mellan optimal kvävegiva enligt SJV (parameter A) och aktuell tillförd kvävegiva.

C. Kvävegiva för optimal skörd och proteinhalt.

D. Differens mellan kvävegiva vid optimal skörd och proteinhalt (parameter C) och aktuell kvävegiva.

Lägsta genomsnittliga höstveteskörden uppnåddes 2003 (tabell 1). Skördenivåerna i medel för respektive år för materialet i studien motsvarade eller låg något över officiella hektarskördar. Den aktuella mineralkvävegivan var också något lägre 2003 än övriga år, dock visar den optimala kvävegivan enligt Jordbruksverket (**A**) att kvävegivan skulle ha justerats ytterligare nedåt. Detta medförde att differensen (**B**) var högst år 2003. Proteinhalten var också högst 2003. Vid lägre skörd brukar oftast proteinhalten öka (Gruvaeus, 2001; Gruvaeus 2002; Gruvaeus, 2003; Gruvaeus, 2004; Mattsson, 2004). Avvikelsen från optimal kvävegiva beroende på aktuell proteinhalt (**D**) var också högst 2003.

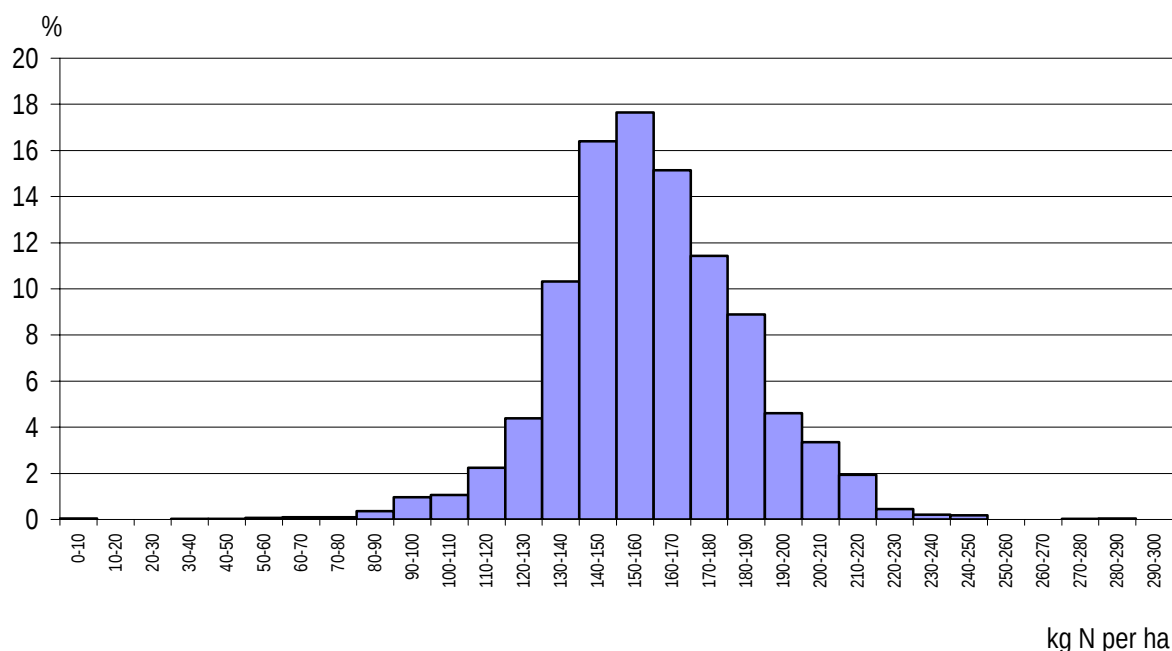
Högst medelskörd nåddes i Skåne följt av Västra Götaland och Östergötland. Högst mineralkvävegiva tillfördes i Skåne följt av Västra Götaland och Östergötland. Proteinhalten var högst på Gotland följt av Skåne och Uppsala. Lägst överskott enligt B och D uppnåddes i Dalarna där det å andra sidan fanns lägst antal skiften 2000-2003. Lägsta skördarna uppnåddes i Västmanland följt av Örebro och Södermanland. Årvis medel för överskott av kväve beräknat som skillnaden mellan aktuell gödsling och beräknat optimal enligt Jordbruksverkets rekommendation (**B**) varierade från 27 till 42 och som skillnad mellan optimal kvävegiva beräknad från optimal proteinhalt och aktuell giva (**D**) varierade mellan 25 och 59 kg N ha⁻¹. Överskottet var lägst år 2002 enligt båda beräkningarna. I figur 1-3 visas fördelningen inom materialet för avkastning, proteinhalt samt kväve tillfört som mineralgödsel. Figur 1 visar på en stor spridning med avseende på avkastning inom datamaterialet. Medelavkastningen var 6 070 kg ha⁻¹ och medianen 6 000 kg ha⁻¹. Spridningen inom hela materialet kan jämföras med medelskördar uppdelade på år, sort och område vilka indikerar några orsaker till spridning inom det sammanställda materialet.



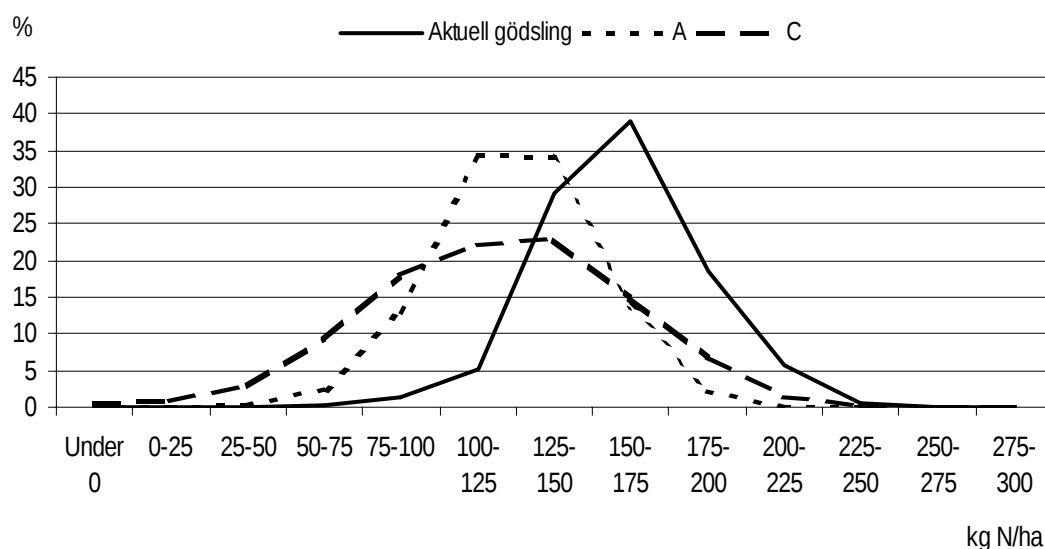
Figur 1. Avkastning (ton ha⁻¹) av höstvete som procentandel skiften inom klasser om 0,5 ton fördelat inom materialet (medel=6 070 ton ha⁻¹; median=6 000; SD=1 250).

Andelen höstvete inom materialet med proteinhalter under kontraktsgränsen för Sigillkontraktet 11,5 respektive 12 % protein var 6,8 % respektive 8,7 % (Lantmännen, 2004). Av de sammanställda skiftena hade 24,1 % respektive 23,8 % proteinhalt 0,5 procentenheter från proteinhaltsgränsen (d.v.s. 11,5 respektive 12 % protein).

Figur 2 visar på fördelningen av mängd tillförd kväve. För alla ingående skiften i datamaterialet beräknade vi optimal kvävegiva enligt Jordbruksverkets rekommendationer (Jordbruksverket, 2003a) samt optimal kvävegiva enligt uppnådd proteinhalt och dessa beräknat optimala kvävegivor jämfördes sedan med den aktuella givan.

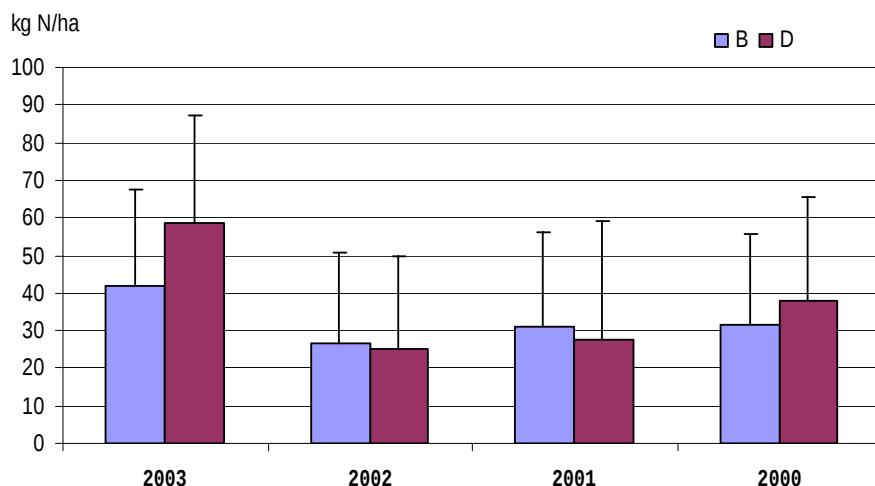


Figur 2. Histogram över tillförd mängd kväve som mineralgödsel, kg N ha^{-1} procentuellt fördelat som antal skiften i klasser om 10 kg N ha^{-1} (medel= 160 kg N ha^{-1} (arealviktat); median= 158 ; $SD=25$).

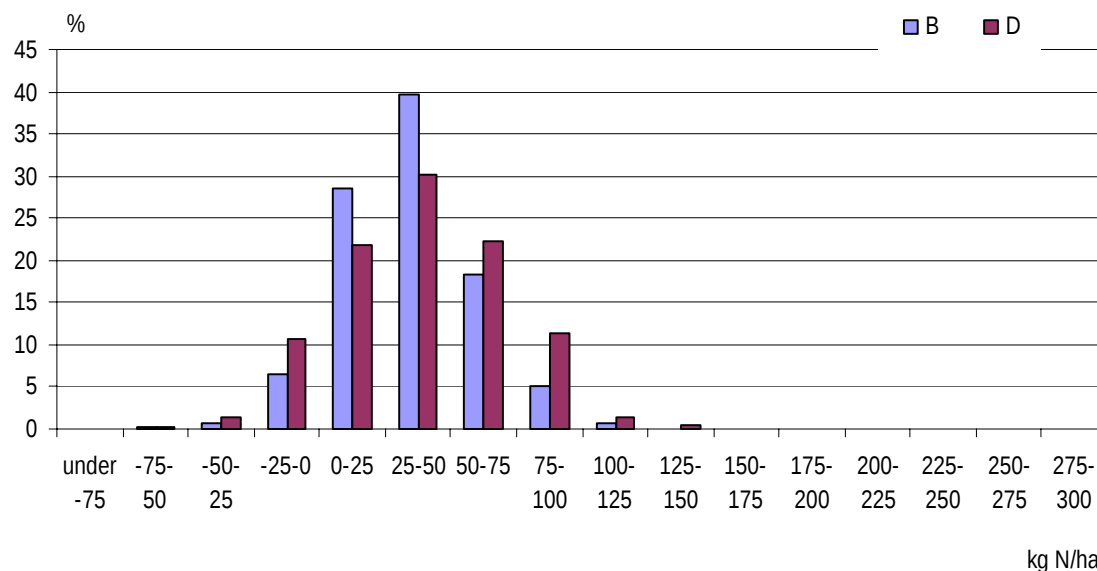


Figur 3. Jämförelse aktuell gödsling med rekommenderad gödsling enligt Jordbruksverket och optimal gödsling för optimal proteinhalt. (A, Optimal kvävegiva enligt Jordbruksverkets rekommendationer utifrån erhållen skörd och förfruktseffekt: medel= 127 kg N ha^{-1} ; median= 125 ; $SD=25$, och C, Kvävegiva för optimal skörd och proteinhalt: medel= 121 kg N ha^{-1} ; median= 121 ; $SD=41$).

I figur 3 visas en jämförelse mellan fördelningen över beräknat optimal kvävegödsling enligt Jordbruksverkets rekommenderade giva (A) och över beräknat optimal kvävegödsling enligt uppnådd proteinhalt (C). I figuren visas även hur aktuell giva fördelade sig inom det sammanställda materialet. Arealviktat medelvärde för aktuell gödsling var 160 kg N ha^{-1} vilket kan jämföras med medel för A (127 kg N ha^{-1}) och C (121 kg N ha^{-1}).



Figur 4. Differens optimal kvävegiva enligt Jordbruksverkets rekommendationer och aktuell gödsling 2000-2003 (parameter B) samt differens optimal kvävegiva enligt optimal kvävegiva beräknad från erhållen proteinhalt 2000-2003 (parameter D).



Figur 5. Fördelning över skillnad mellan aktuell gödsling samt beräknat optimal gödsling utifrån Jordbruksverket rekommendationer (B) respektive optimal proteinhalt (D).

Figur 4 visar hur skillnaden mellan aktuell kvävegiva och beräknat optimal enligt Jordbruksverket fördelades mellan åren. Skillnaden var minst 2002 och störst 2003. Figur 4 visar också hur skillnaden mellan aktuell giva och beräknat optimal från uppnådd proteinhalt

fördelades mellan åren. Även denna skillnad var störst 2003 och minst 2002. Figur 5 visar hur båda dessa differenser fördelades storleksmässigt inom materialet.

Nyckeltalet kväveöverskott beräknades för alla ingående skiften enligt: Tillfört kväve – Bortfört kväve i kärna. Tillfört kväve beräknades som mineralkväve + stallgödselkväve + kväve i utsäde + övrig kvävemineralisering (stallgödsel, förfrukt och mullhalt). Av totalt 4419 skiften var kväveöverskottet mer än 30 kg N ha⁻¹ på 4165 skiften vilket innebar 94 % av ingående skiften. Detta kväveöverskott inkluderar ej kväve bortfört med skörderester. Enligt beräkningen av kväveöverskott var överskottet på 94 % av skiftena mer än 30 kg N ha⁻¹. Om kväveöverskotten arealviktades så blev medelvärdet för **B** 34 kg N ha⁻¹ (SD=25,5) och för **D**, 39,4 kg N ha⁻¹ (SD=31,6). Överskottet blev även med denna beräkning högst vid jämförelse med Jordbruksverkets rekommendationer.

Sammanfattningsvis kan man dra slutsatsen att det på en majoritet av skiften där höstvetet kontraktsoodlats som Sigill-vara har tillförts överoptimala kvävemängder. Det visade både beräkningar av kväveöverskott, optimala kvävegivor enligt Jordbruksverkets rekommendationer och optimala kvävegivor beräknade från erhållen proteinhalt. I denna redovisning av det presenterade datamaterialet har inte någon fördjupad analys av orsaken till dessa skillnader genomförts. Man kan dock ställa frågan om dessa skillnader är representativa för höstvetodling generellt i de områden där denna kontrakterade odling finns eller för andra områden. Vilka överskott är rimliga att acceptera för tillräcklig säkerhetsmarginal i förhållande till kundens krav? Årsmånsanpassning kräver en viss säkerhetsmarginal men denna bör minskas för att minimera kväveöverskotten. I en fördjupad analys av materialet borde viktiga faktorer kunna isoleras utifrån det stora datamaterialet.

En utökad bearbetning av här sammanställda och redovisade data, kompletterade med maltkorn och gryn havre samt ytterligare skördeår, skulle kunna ge mer omfattande svar på frågor om hur olika mål för jordbruket samverkar. Ett sådant arbete är avsett att användas som underlag för hur vi går vidare för att lösa produktions- och miljömål. I en framtida djupare analys av materialet kan man ställa fler frågor och ha fler fokus än det var möjligt till i den här redovisade studien, t.ex. att identifiera orsaker till skillnaderna och identifiera faktorer som orsakar en sämre utnyttjandegrad av tillfört kväve.

Litteratur

- Bendz, E. 2001. Miljönyckeltal inom jordbruket - ett sätt att beskriva företagets miljöpåverkan. Fakta Jordbruk 4/2001. SLU. Uppsala
- Delin, S. 2005. Site-specific nitrogen fertilization demand in relation to plant available Soil nitrogen and water. Potential for prediction based on soil characteristics. Doctoral thesis SLU.
- Esala, M., Leppanen, A. 1998. Leaching of ¹⁵N-labeled fertilizer nitrate in undisturbed soil columns after simulated heavy rainfall. Communications in soil science and plant analysis 29, 1221-1238.
- Engström, L., Gruvaeus, I. 1998. Ekonomiskt optimal kvävegödsling till höstvetet, analys av 160 försök från 1980 till 1997. SLU, Skara. Institutionen för jordbruksvetenskap Skara. Serie B Mark och växter. Rapport 3.
- Gooding, M. J., Davies, P.D. 1997. Wheat production and utilization, systems, quality and the environment. CAB International, Wallingford, UK. 335 pp.
- Gruvaeus, I. 2001. Försök i Väst. Försöksrapport 2001.
- Gruvaeus, I. 2002. Mellansvenska försökssamarbetet. Försöksrapport 2001.
- Gruvaeus, I. 2003. Mellansvenska försökssamarbetet. Försöksrapport 2002.

- Gruvaeus, I. 2004. Mellansvenska försökssamarbetet. Försöksrapport 2003.
- Gustafsson, K., Hallén, P., Lindén, B. 2001. Kväve. I: Miljönyckeltal: Kväve, fosfor, kadmium, energi och markpackning. Fakta Jordbruk 7/2001. SLU, Uppsala.
- Jordbruksverket. 2000. Hektarskördar och totalskördar 2000. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 16 SM 0001.
- Jordbruksverket. 2001a. Manual till kalkylprogrammet STANK 4.2. Jordbruksverket, Jönköping, November 2001.
- Jordbruksverket. 2001b. Hektarskördar och totalskördar 2001. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 16 SM 0101.
- Jordbruksverket. 2002. Hektarskördar och totalskördar 2002. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 16 SM 0201.
- Jordbruksverket. 2003a. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2004. Albertsson, B. (red.). Växtnäringsenheten, Jordbruksverket Rapport 2003:22.
- Jordbruksverket. 2003b. Hektarskördar och totalskördar 2003. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 16 SM 0301.
- Lantmännen. 2004. Inför Skörden 2004 - Lantmännens inköpsvillkor skörd 2004. Svenska Lantmännen ek. för., Norrköping. Lantmännen Spannmål.
- Mattsson, L. 2004. Kväveintensitet i höstveten vid olika förutsättningar. SLU, Uppsala. Inst. för markvetenskap, Avd. för växtnäringslära. Rapport 209.
- SCB. 2000. Normskördar för skördeområden, län och riket 2000. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 15 SM 0001.
- SCB. 2001. Normskördar för skördeområden, län och riket 2001. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 15 SM 0101.
- SCB. 2002. Normskördar för skördeområden, län och riket 2002. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 15 SM 0201.
- SCB. 2003. Normskördar för skördeområden, län och riket 2003. Sveriges officiella statistik. Statistiska meddelanden. JO 15 SM 0301.
- Stenberg, M., Bjurling, E., Gruvaeus, I., Gustafsson, K. 2005. Gödslingsrekommendationer och optimala kvävegivor för lönsamhet och kväveeffektivitet i praktisk spannmålsodling. Uppföljning av fältförsök och av gårdsdata från Lantmännens databas över Svenskt Sigill-gårdar genom kvantifiering av hur mycket gödselgivorna i praktiken skiljer sig från beräknat optimala givor enligt dagens officiella rekommendationer. SLU, Skara. Avdelningen för precisionsodling. Teknisk rapport 1. <http://po-mv.slu.se/>.