



# **Fältmetoder för bedömning av behovet av tilläggsgödsling med kväve till höst- och vårvete**

*Field methods for estimation of the need for nitro-  
gen top-dressing to winter and spring wheat*

*Examensarbete av:*

Lisa Lindgren

*Handledare:*

Börje Lindén



## Förord

I detta examensarbete redovisas fältförsök med studier av fyra fältmetoders förmåga att bedöma behovet av kompletteringsgödsling med kväve till höstvet och vårvete. Projektet är en del av ett större kvävestyrningsprojekt initierat av ODAL. Försöken utfördes under 1997 av hushållningssällskapen i Skaraborgs, Östergötlands och Västmanlands län samt HS Landsbygdskonsult AB i Uppsala. Statens Jordbruksverk och Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien beviljade medel för projektets genomförande. ODAL har gett bidrag till sammanställningen av resultaten.

Analyser av kväve i mark och gröda genomfördes av AnalyCen i Skara. Mattias Frick vid AnalyCen hjälpte till med Cropscanmätningarna. Vid övrig provtagning deltog personal från respektive hushållningssällskap. Thomas Börjesson, SLR FoU, hjälpte till med den statistiska bearbetningen av Cropscandata.

Ett stort tack riktas till alla medverkande inklusive styrgruppen för projektet: Kjell Gustafsson (ODAL Lidköping), Kristina Kjellquist (Östergötlands läns hushållningssällskap), CG Pettersson (ODAL Enköping), och Börje Lindén (SLU Skara). Ett extra stort tack riktas till min handledare Börje Lindén som med ett inspirerande engagemang tagit sig tid att diskutera och redigera en mängd versioner av rapporten. Han har varit ett fantastiskt stöd under hela processen från start till färdigt examensarbete.

Kvävestyrningsprojektet fortlöper med nya fältförsök under 1998 och 1999. 1998 års försök är redan avslutade när examensarbetet publicerats. Resultaten från de tre åren kommer att sammanställas i en slutrapport under hösten 1999.

# Innehållsförteckning

|                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. SAMMANFATTNING</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>2. INLEDNING</b>                                                         | <b>6</b>  |
| 2.1 BAKGRUND                                                                | 6         |
| 2.2 SYFTE                                                                   | 6         |
| <b>3. METODER FÖR KVÄVESTYRNING - EN LITTERATURSTUDIE</b>                   | <b>7</b>  |
| 3.1 OPTIMAL KVÄVEGÖDSLING                                                   | 7         |
| 3.1.1 KVÄVESTYRNING EFTER GRÖDANS BEHOV                                     | 7         |
| 3.1.2 KVÄVENIVÅ OCH KÄRNSKÖRD                                               | 8         |
| 3.1.3 KVÄVENIVÅ OCH PROTEINHALT                                             | 9         |
| 3.2 VÄXTTILLGÅNGLIGT KVÄVE I JORDEN                                         | 9         |
| 3.2.1 MINERALKVÄVE I JORDEN PÅ VÅREN OCH MINERALISERING UNDER VÄXTSÄSONGEN  | 9         |
| 3.2.2 SKILLNADER I JORDKVÄVETILLGÅNG TILL FÖLJD AV OLIKA DRIFTSINRIKTNINGAR | 10        |
| 3.2.3 FÖRFRUKTENS BETYDELSE FÖR JORDKVÄVETILLGÅNGEN                         | 11        |
| 3.3 FÄLTMETODER FÖR BESTÄMNING AV KVÄVEBEHOVET UNDER VÄXTSÄSONGEN           | 11        |
| 3.3.1 KOMBINERAD VÄXT- OCH JORDANALYS                                       | 11        |
| 3.3.2 NITRATMÄTARE                                                          | 14        |
| 3.3.3 KALKSALPETERMÄTARE                                                    | 16        |
| 3.3.4 CROPSCAN                                                              | 17        |
| <b>4. MATERIAL OCH METODER</b>                                              | <b>18</b> |
| 4.1 FÄLTFÖRSÖK                                                              | 18        |
| 4.1.1 FÖRSÖKSPLAN                                                           | 19        |
| 4.2 PROVTAGNINGAR                                                           | 20        |
| 4.2.1 GENERALPROV AV JORD                                                   | 20        |
| 4.2.2 VÄXT- OCH JORDANALYS UNDER VÄXTSÄSONGEN                               | 20        |
| 4.2.3 NITRATMÄTARE                                                          | 20        |
| 4.2.4 KALKSALPETERMÄTARE                                                    | 21        |
| 4.2.5 CROPSCAN                                                              | 21        |
| 4.2.6 SPANNMÅLSANALYS                                                       | 21        |
| 4.3 BERÄKNINGAR                                                             | 21        |
| 4.3.1 SKÖRDEDATA                                                            | 21        |
| 4.3.2 GÖDSELKVÄVEUTBYTE                                                     | 21        |
| 4.3.3 EKONOMI                                                               | 22        |
| 4.4 STATISTISK BEARBETNING                                                  | 23        |

|                                                 |           |
|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>5. RESULTAT OCH DISKUSSION</b>               | <b>23</b> |
| <b>5.1 KÄRNSKÖRDAR</b>                          | <b>23</b> |
| 5.1.1 HÖSTVETE                                  | 23        |
| 5.1.2 VÄRVETE                                   | 24        |
| <b>5.2 GÖDSELKVÄVEUTBYTE</b>                    | <b>26</b> |
| <b>5.3 SPANNMÅLSKVALITET</b>                    | <b>26</b> |
| <b>5.4 EKONOMI</b>                              | <b>27</b> |
| 5.4.1 KRAV PÅ PROTEINHALT                       | 29        |
| 5.4.2 KÖRKOSTNAD OCH KÖRSKADOR                  | 30        |
| <b>5.5 VÄXT- OCH JORDANALYS</b>                 | <b>30</b> |
| <b>5.6 NITRATMÄTARE</b>                         | <b>43</b> |
| <b>5.7 KALKSALPETERMÄTARE</b>                   | <b>34</b> |
| <b>5.8 CROPSCAN</b>                             | <b>40</b> |
| <b>5.9 KORRELATIONER MELLAN OLIKA VARIABLER</b> | <b>45</b> |
| <b>6. SLUTSATSER</b>                            | <b>46</b> |
| <b>7. SUMMARY</b>                               | <b>49</b> |
| <b>8. LITTERATURFÖRTECKNING</b>                 | <b>50</b> |
| <b>9. PERSONLIGA MEDDELANDEN</b>                | <b>54</b> |

## 1. Sammanfattning

- I 9 fältförsök med höstvet och 2 med vårvete utvärderades några fältmetoder avsedda att bedöma behovet av tilläggsgödsling med kväve till brödvete. Metoderna omfattade kombinerad växt- och jordanalys enligt AnalyCen, nitratmätning med indikatorstickor för nitrat i stråbasens växtsaft, Hydro Agris Kalksalpetermätare som mäter klorofyllhalten i bladen, samt Cropsan som är en radiometrisk metod.
- Efter en första kvävegiva på 120 kg N/ha i april ökade kärnskorde med i genomsnitt 570 kg/ha, eller 8 %, efter tilläggsgödsling med 40 kg N/ha i stadium 32. Samma mängd kväve men i stadium 45 gav en merskörde på 460 kg/ha, motsvarande 7 %. Tilläggsgödsling i både stadium 32 och 45 ökade kärnskorde med ca 800 kg/ha, dvs. 12 %. Det var stora skillnader i avkastning mellan försöken beroende på avkastningspotential och markkvävetillgång.
- Utan tilläggsgödsling klarades proteinkravet på 11,5 % råprotein i kärnan i 1 fall av 9. Vid tilläggsgödsling med 40 kg N/ha i stadium 32 uppnåddes detta mål i 4 fall av 9 och efter gödsling med 40 kg N i stadium 45 i 6 fall av 9. Efter gödsling med 40 + 40 kg N/ha klarades proteinkravet i samtliga försök.
- I höstveteförsöken ledde kompletteringsgödslingen i stadium 32 till en nettointäkt på närmre 450 kr/ha, utan hänsyn tagen till körkostnader och körskador. Gödsling i stadium 45 gav ca 550 kr och gödsling vid båda tidpunkterna ca 670 kr/ha i nettointäkt.
- Den metod, för prognostisering av tilläggsgödsling, som visade starkast samband med kärnskordeökning vid mätning före kompletteringsgödsling i stadium 32 var Kalksalpetermätaren. Mätning på översta bladet gav starkare samband än mätning på det näst översta. I stadium 45 erhöles de starkaste sambanden mellan kärn- eller kväveskordeökning och nitratstickorna.
- I stadium 32 stämde det verkliga behovet av kompletteringsgödsling bra med växt- och jordanalysens rekommendationer. I stadium 45 gav metoden riktig rekommendation i 1/3 av försöken.
- Cropsan förutsade kärnskorde på 300 kg/ha när vid användning av provtagningsdata från samtliga provtagningstidpunkter. Vid enskilda provtagningstillfällen gav metoden generellt sämre resultat, men bättre ju närmre skördetillfället som provtagningen ägde rum.
- Kalksalpetermätaren gav riktig rekommendation i stadium 32 i alla led i samtliga försök, men i stadium 45 endast i 2 försök av 9. Vanligaste felet var att mätaren signalerade värden över gränsvärdet för gödsling i led som senare inte klarade kravet på 11,5 % protein i kärnan.

- Nitratstickornas utslag visade i de flesta fall ovanligt låga nitrathalter i grödans stråbas. Lågt utslag åtföljdes av antingen låg eller hög proteinhalt, medan ett högt utslag var kopplat till hög proteinhalt.
- Metodernas tillförlitlighet bedömdes med hjälp av variationskoefficienter (standardavvikelsen i procent av medelvärdet). Variationen i mätutslag var stor vid användning av nitratstickorna, i medeltal 52 %, och vid mineralkvävebestämning i jord i samband med växtanalys, ca 22 %. För Kalksalpetermätaren var variationen liten, drygt 3 %.

## **2. Inledning**

### **2.1 Bakgrund**

Ur företagsekonomisk synpunkt och av miljömässiga hänsyn är det viktigt att brödveteogrödorna får tillgång till rätt mängd kväve under odlingssäsongen. Kvarnarna ställer krav på minst 11,5 % protein i kärnan för att spannmålen skall få goda bakningsegenskaper. Klarar inte spannmålen proteinkraven innebär det lägre pris och uteblivna kontraktstillägg för odlaren. Det är således viktigt för denne och livsmedelsindustrin att spannmålen klarar uppsatta kvalitetskrav, samtidigt som det är angeläget att produktionen belastar den omgivande miljön så lite som möjligt.

Av denna anledning finns ett stort incitament till väl avpassad tilläggsgödsling med kväve under odlingssäsongen. Är gödslingen överoptimal leder det till förluster av kväve till den omgivande miljön, vilket också är företagsekonomiskt olönsamt. Det gäller att tillföra rätt mängd kväve vid rätt tidpunkt. Det är dock inte lätt att uppskatta vilken skörd man kommer att få eller att på ett tidigt stadium i grödans utveckling avgöra hur stort kvävebehovet kommer att bli för att kvalitetskraven skall kunna uppfyllas. Idag finns emellertid flera fältmetoder tillgängliga som syftar till att hjälpa odlaren att styra kvävegivan efter grödans behov.

### **2.2 Syfte**

Denna studie omfattar 11 fältförsök 1997 i ett projekt initierat av ODAL. Syftet med studien är bl.a. att utvärdera några fältmetoder avsedda att bedöma behovet av kompletteringsgödsling till brödveteogrödor. Metoderna omfattar kombinerad växt- och jordanalys enligt AnalyCen, Nitratmätare som mäter nitrathalten i stråbasens växtsaft med tillämpning enligt ODAL, Hydro Agris Kalksalpetermätare, som ger ett mått på klorofyllhalten i bladen, samt CropScan som är en radiometrisk metod. Med den senare mäts grödans reflektion av ljus, vilket kan ge upplysning om tillväxt och stress hos grödan. En frågeställning är hur bra metoderna är för att bedöma behovet av kompletteringsgödsling, det vill säga i vilken utsträckning metodernas utslag överensstämmer med verkligheten. En annan frågeställning är hur man tillämpar metoderna i fält och vad man bör tänka på när man tolkar resultaten.

Förutom sammanställning av resultaten från 1997 års fältförsök innefattar denna rapport en litteraturstudie som ger en närmre beskrivning av metoderna samt en tillbakablick på hur man hittills försökt lösa kvävestyrningsfrågan.

### 3. Metoder för kvävestyrning - en litteraturstudie

#### 3.1 Optimal kvävegödsling

Den mängd näring som förs bort med skörden behöver ersättas genom något slag av gödsling. För att avgöra hur mycket kväve man behöver gödsla med måste man göra antaganden om storleken av den maximala skörden samt skörden om man inte gödslar alls (Gunnarsson, 1987). Med hjälp härav kan sedan den optimala skörden och kvävegivan beräknas bortsett från förekommande kväveförluster, kväveimmobilisering m.m. Lämpligast uppskattar man den förväntade skörden på basis av genomsnittsskörden på fältet i fråga räknat över flera år. På så sätt minimeras åtminstone årsmånsvariationens betydelse (SJV, 1997). Enligt Mattsson (1995) varierar skörden inom ett fält så mycket att det blir svårt att gödsla optimalt. Skördekartering av enskilda fält kan leda till att man kan gödsla mer på de delar av fältet där det växer bra, medan man håller igen med kvävegivan där tillväxten är sämre.

Vid tilltagande överskott av kväve får man ökande negativa effekter på skörden bl.a. genom liggsäd. Den mängd kväve som i någon form behöver tillföras för att nå maxskörd är skillnaden mellan den mängd som behövs för att nå biologiskt optimum och den mängd kväve som marken själv kan leverera till grödan. (Gunnarsson, 1987)

I *Riktlinjer för gödsling och kalkning 1997* definierar Jordbruksverket optimal gödsling som den gödslingsinsats som utifrån ett givet försöksmaterial kan förväntas ge det bästa ekonomiska utbytet. Detta motsvarar den gödslingsinsats där skördevärdet för det sist insatta kilot är lika stort som kostnaden för insatsen. Det leder oundvikligen till att varierande priser på gödselmedlet eller skördeprodukten påverkar den optimala gödslingsnivån. Optimum för kvävegödsling kan se olika ut beroende på vilka aspekter man lägger in i ordets bemärkelse. Gunnarsson (1987) talar om ett biologiskt och ett ekonomiskt optimum, men också om kväveoptimum ur miljösynpunkt och global försörjningssynpunkt.

##### 3.1.1 Kvävestyrning efter grödans behov

Genom kvävestyrning kan grödan få tillgång till kväve under de utvecklingsstadier då den bäst behöver detta. Kvävegivan kan förskjutas framåt i tiden, och man får då säkrare underlag för bedömningen av dess storlek genom att det blir lättare att prognostisera skörden tack vare bättre vetenskap om väderlek och beståndsutveckling.

Kan kväve tillföras vid flera tidpunkter minskar i princip risken för svampangrepp till följd av alltför frodigt bestånd. Genom att styra beståndsutvecklingen med hjälp av delade givor reduceras förmodligen också liggsädesrisken. (Gunnarsson, 1987)

Studier av höstvetets kväveupptag och beståndsutveckling i försök med och utan bevattning visar att tillförsel anpassad till grödans aktuella behov leder till senare upptagning av kväve och ett större totalupptag (Flink, 1993). För att kärninlagringen och därmed skörden skall bli så stor som möjligt är det viktigt att bibehålla grödans fotosyntetiska aktivitet så länge som möjligt efter blomningen (Spiertz & Vos, 1984). Tillgången på vatten och kväve är exempel på faktorer som positivt påverkar den fotosyntetiska kapaciteten. Bladens åldrande försenas av sena kvävegivor på grund av

större upptagning efter blomningen samtidigt som kväveinnehållet i bladen ökar. Sena tilläggs-givor med kväve ger ofta en högre proteinhalt i kärnan än tidiga givor. Hög kärnskörd kan dock vara kopplad till låg proteinhalt genom utspädning av kväveinnehållet. Tidigt åldrande av bladen kan emellertid ge en låg skörd med en hög proteinhalt. Enligt Spiertz & Vos (1984) påskyndas ackumuleringen av protein i kärnan av hög temperatur. Detta leder till att kvävereserverna minskar i de vegetativa delarna, bladen åldras snabbare och fotosyntesen avstannar fortare, vilket ger kortare kärnfyllnadsperiod.

För anpassning av kvävegödslingen i syfte att få så bra utbyte som möjligt av det tillsatta kvävet är lantbrukaren hänvisad till generella råd men han måste även ta hänsyn till det enskilda fältets egenskaper och förutsättningar. Den mängd kväve som behöver tillföras för att nå optimal skörd beror som tidigare nämnts på grödans kväueupptagningsbehov vid optimal tillväxt samt markens leverans av växttillgängligt kväve. Markkvävet består främst av det höstmineraliserade kväve som finns kvar på våren från föregående år, samt det kväve som mineraliseras under den aktuella växtsäsongen. För att växtnäringstillförseln skall bli ekonomiskt optimal måste dessutom gödsel- och markkvävet effektivitet beaktas. (Lindén, 1987)

### 3.1.2 Kvävenivå och kärnskörd

Först under 1970- och 80-talet började forskarna på allvar att undersöka hur ökad avkastningspotential ökade behovet av kvävegödsling (Remy & Viaux, 1982; Stanford & Legg, 1984). När man i Sverige under 80-talet fick fram nya höstvetesorter som hade högre avkastningspotential blev det uppenbart att det behövdes större kvävegiva för att nå samma proteinhalt som tidigare (Svensson, 1986). Gunnarsson (1987) beskrev hur kvävebehovet vid maximal skörd kunde beräknas som den mängd kväve som behövs för högsta möjliga skörd minus den mängd kväve som räcker till den skörd som kan uppnås utan kvävegödsling. Remy & Viaux (1982) menade dock att det är svårt att bedöma den optimala kvävegivan eftersom det är svårt att uppskatta den slutliga skörden. De redovisar en formel för bedömning av gödselkvävebehovet:

$$bY = (Nm + Ms + Mr + Mo + F) C$$

där:

Y = förväntad skörd, b = total-N per enhet kärnskörd

Nm = mineralkväve i jorden i slutet av vintern

Ms = kväve som mineraliseras från det organiska materialet i marken

Mr = kväve som mineraliseras från föregående års gröda

Mo = kväve som mineraliseras från organiska gödselmedel

F = gödselkväve som skall tillföras

C = kvävetets verkningsgrad

Från början av 1950-talet till början av 80-talet ökade den genomsnittliga max-skörden för höstvete i södra Sverige med över 2000 kg/ha som följd av mer högavkastande sorter, förbättrat växtskydd och allmänt förbättrad odlingsteknik (Gunnarsson, 1987). Detta innebar att optimum för kvävegödslingen ökade från ca 70 kg N/ha till ca 135 kg N/ha under samma period. Jordbruksverkets gödslingsrekommendationer för kväve (SJV rapport 1996:15) har anpassats till stigande

kvävebehov vid ökande avkastningsnivåer, vilket för höstveten bl.a. baseras på fältförsök sammanställda i en rapport från SLU (Mattsson & Kjellquist 1992).

### **3.1.3 Kvävenivå och proteinhalt**

Flera forskare (t.ex. Mattsson & Anderson, 1983; Mattsson, 1988) har visat vad som sedan länge är känt, att kvävehalten i kärnan stiger med ökad gödsling. Det är också en allmän erfarenhet att en hög skörd medför lägre kvävehalt än en låg skörd vid samma kvävegiva beroende på att mer kväve binds, inte bara i kärnskorde utan även i de andra växtdelarna, när tillväxtbetingelserna varit goda.

Växtföljd, förfrukt och användning av stallgödsel har betydelse för proteinhalten (Wallgren, 1986). Lindén (1986) visade att mineraliseringen av kväve under växtsäsongen var större på djurgårdar än på rena växtodlingsgårdar. Mer kväve blev tillgängligt sent under tillväxtperioden vilket bidrog till högre proteinhalt. Samma slutsats drog Mattsson & Kjellquist (1992) i en studie av ett stort antal gårdar, med och utan djur.

Mattsson & Anderson (1983) kom fram till att senare kvävegiva gav högre proteinhalt, men inte nödvändigtvis högre skörd. I hur hög grad skörden påverkades positivt av den sena givan berodde på nederbördens storlek efter gödsling. Simán och Linnér (1980) studerade hur man kunde styra avkastning och proteinhalt genom gödsling efter växtanalys och med bevattning. De kom fram till att man kunde höja och utjämna kärnans kväveinnehåll genom en kombination av kompletteringsgödsling och bevattning. Utnyttjandet av kompletteringskvävet berodde på vattentillgången.

Betydelsen av delade kvävegivor kontra engångsgivor har studerats av bl.a. Bengtsson (1992). Han undersökte gödsling med hela och delade givor till höstveten men fann att det inte lönade sig särskilt mycket att dela givorna. Den totala kvävegivan avgjorde hur hög proteinhalten blev. Proteinhalterna ökade 0,1-0,2% där man delade givorna i jämförelse med en engångsgiva.

## **3.2 Växttillgängligt kväve i jorden**

### **3.2.1 Mineralkväve i jorden på våren och mineralisering under växtsäsongen**

Jorden innehåller varierande mängder mineralkväve på våren beroende på driftsriktning, förfrukt, jordart och väderleken under vintern (Lindén, 1979; Lindén & Mattsson, 1986; Lindén, 1986; Mattsson & Kjellquist, 1992). Lindén (1979) undersökte hur man i andra europeiska länder och i Nordamerika kunde förbättra gödslingen genom att beakta de övervintrande mineralkvävemängderna. Genom sådana förbättrade kväverekommendationer kunde man undvika liggsädesbildning samtidigt som avkastningsnivåerna kunde bibehållas, eller höjas. Kvävekarteringen byggde på analys av mängden växttillgängligt nitrat och ammonium i jorden ner till ett visst djup. Den första gödselgivan korrigerades i vissa länder med hänsyn tagen till jordkvävemängden. Mattsson och Brink publicerade 1980 erfarenheter från mineralkvävebestämningar i Sverige med syftet att prognostisera behovet av kvävegödsling. Mineralkväveförrådet bestämdes genom provtagning på våren ner till 90 eller 100 cm djup. Provtagning kunde också ske på hösten strax före vintern om man tog hänsyn till kväveförlusterna under vintern. Lindén (1979) menade att under milda klimat-

förhållanden kan mineralisering ske även under vintern, och vid nederbörd sjunker det växttillgängliga kvävet djupare ner i markprofilen. I värsta fall kan kvävet lakas ut ur grödans rotzon så att denna inte kan utnyttja näringen. I Sverige är vintrarna vanligtvis så kalla att mineraliseringen hålls på en låg nivå. Kvävet håller sig i hög grad inom rotzonen om marken är frusen under större delen av vintern (Lindén, 1979).

Mattsson och Brink (1980) fann samband mellan mineralkväveförrådet och kvävegödslingseffekten. De fann också att mineralkväveförråden varierade mellan åren. Lindén och Mattsson (1987) visade senare att det var säkrast med vårprovtagning om man ville ta hänsyn till mineralkvävemängden vid gödslingen. Samband mellan mineralkväveinnehållet i marken på våren och behovet av kvävegödsling har också visats i andra undersökningar (Mattsson & Anderson, 1984; Lindén, 1986). Mattsson (1988) visade att kvävegödslingseffekterna blev stora då mineralkväveförrådet i marken på våren var lågt. Effekterna av kvävegödslingen avtog med ökande mineralkväveförråd. Vidare erhöles ett korrektionstal på 0,75 kg/kg mineralkväve oavsett prisförhållanden på gödsel (Mattsson, 1988). Vid en avvikelse från normalvärde med 1 kg motiverades korrigering av gödselgivan med 0,75 kg. Normalvärdet avser medelvärdet av mineralkväveförrådet över ett antal år. Mattsson (1995) kom också fram till att pH-värdet och mineraliskt kväve hade störst påverkan på kväveeffekten.

1987 menade Lindén (1987) att mineralkväveprovtagning och -analys var väl utprovade metoder för bestämning av kväveinnehållet i marken. Dock saknades metoder för att bestämma kväve mineraliseringen under växtsäsongen.

Några analysmetoders användbarhet för förutbestämning av kväve mineraliseringen under växtsäsongen utvärderades av Carlgren (1983). Metoderna omfattade bestämning av kväveinnehåll i lufttorkad jord och inkubering av jord med bestämning av mineraliserat kväve och mineraliserat kol. Ett antal kemiska metoder utvärderades också varav en med extraktion av kväve i kokande vatten. Sambanden mellan metoderna och kväveskörden i kärnan hade mycket låga förklaringsgrader.

Lindén (1986, 1987) föreslog förbättrad gödslingsstrategi genom att inför en gödsling ta hänsyn till mineralkväveinnehållet i jorden på våren, kväve som mineraliseras under växtsäsongen, förväntad skördenivå och kväveinnehåll i kärnskörden. Lindén m.fl. (1992a) studerade kväve mineraliseringen under växtsäsongen vid odling av korn. De kom fram till att detta mineraliserade kväve kunde betyda mer för grödan än mineralkväveinnehållet i marken på våren. I en annan uppsats visade samma författare (1992b) att 1% ökning av det organiska materialet i jorden ökade mineraliseringen av kväve från våren till gulmognaden med i genomsnitt 5 kg/ha i de översta 20 centimeterna av jorden.

### **3.2.2 Skillnader i jordkvävetillgång till följd av olika driftsinriktningar**

Lindén (1986) visade att den optimala kvävegivan i stor utsträckning bestämdes av i hur hög grad jordkvävetillgången täckte kvävebehovet vid den ekonomiskt optimala skördenivån. I kornförsök (Lindén, 1986) var det optimala gödslingsbehovet i genomsnitt ca 20 kg/ha mindre på djurgårdar än på kreaturslösa gårdar. Samma försök visade att 56 kg kväve mineraliserades under växtsäsongen på djurgårdar med variationer från minst 28 till som mest 119 kg N/ha. På kreaturslösa gårdar var medeltalet 39 kg med lägsta värde 7 kg och högsta 77 kg N/ha. Trots att medeltalen skiljde sig åt så

överlappade ändå värdena varandra. Det visar att man i det enskilda rådgivningsfallet inte kan utgå från schablonmässiga skillnader i jordkvävetillgång med avseende på driftsinriktning. Markanalyser verkar vara att föredra framför schablonmässiga beräkningar (Lindén, 1986).

### **3.2.3 Förfruktens betydelse för jordkvävetillgången**

Försök har visat stora variationer i mineralkväve i marken med avseende på närmast föregående gröda (Lindén, 1986; Mattsson & Brink, 1980). Speciellt höga värden har uppmätts efter ärter, potatis, träda och vallbrott (Lindén & Mattsson, 1987; Lindén & Wallgren, 1993).

Den största delen av det fixerade kvävet som finns kvar efter skörd av ärter frigörs redan under hösten (Lindén, 1986). Tillgången på utnyttjbart kväve för den efterföljande grödan beror därför i hög grad på hur mycket av kvävet som övervintrat. Det kan förekomma vårar då mineralkvävemängderna efter ärter är små till följd av en mild och nederbördsrik vinter. Försök har visat i genomsnitt 25 kg mer mineralkväve på våren efter ärter än efter stråsäd. Variationen i dessa försök var 0 till drygt 50 kg (Lindén, 1986). Detta tyder på att schabloner för förfrukt kan vara mycket missvisande.

## **3.3 Fältmetoder för bestämning av kvävebehovet under växtsäsongen**

### **3.3.1 Kombinerad växt- och jordanalys**

En växtanalysmodell utvecklades i Sverige av Gyula Simán (1974). Denna vidareutvecklades under 80- och 90-talet till en "Växtanalysbaserad Diagnos- och Gödslingsmodell" (VDG-modellen) (Simán, 1993). I den senare rekommenderas provtagning av både växt och jord. Med växtanalysen kontrolleras grödans försörjning av växtnäringsämnen (N, P, S, K, Mg, Ca, Na, Cu, Mn, Zn, Fe, B, Al, och Mo). Jordanalysen ( $\text{NO}_3\text{-N}$  och  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) är nödvändig som komplement för att kunna bedöma behovet av tilläggsgödsling med kväve, samt storleken på givan.

Principen för gödsling efter växtanalys bygger på att växten behöver en viss koncentration av varje näringsämne för normal tillväxt (Simán, 1990). Det vanligaste sättet att diagnostisera grödans kvävetillstånd avser bestämning av totalkvävehalten i ovanjordiska delar eller i vissa växtdelar. Detta innefattar både upptaget nitrat och det kväve som redan hunnit byggas in i olika organiska föreningar, men som kan brytas ned och translokeras från äldre till yngre delar av plantan (Simán, 1986).

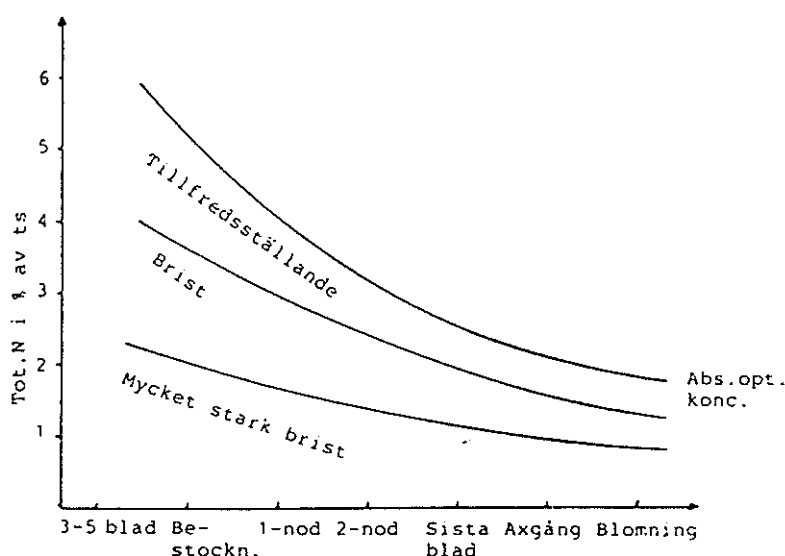
Ett komplett växtanalysprogram består i regel av fyra delar (Simán, 1990):

1. Provtagning
2. Provpreparering och analys
3. Diagnos av näringstillståndet
4. Åtgärdsrekommendation

Modellen går ut på att man klipper växtdelar på en viss yta så att man kan beräkna den dittillsvarande ts-tillväxten per hektar. Proverna torkas och analyseras med avseende på växtnäringsinnehåll. Den kritiska nitratkoncentrationen i växten anges till 1000 ppm oavsett grödans utvecklingsstadium (Simán, 1974, 1986). Vid 1000 ppm eller däröver

växer plantan normalt. Är innehållet lägre begränsas skörden. Högre halter höjer inte nödvändigtvis skörden men överskottskvävet utnyttjas för proteinbildning i kärnan. Koncentrationen av ett växtnäringsämne i plantan varierar, förutom med tillgången på det aktuella ämnet, också med växtart, sort, utvecklingsstadium och växtedel. Under 80-talet genomfördes kalibreringar av växtnäringsinnehåll vid olika utvecklingsstadier för att kunna ta ut prover vid olika tidpunkter under tillväxtperioden och följa grödans näringsstatus (Simán, 1987). Den optimala kvävekoncentrationen i växten sjunker med dess ålder. Vid blomningen är den optimala kvävekoncentrationen mellan 1,8 och 2,0% (Simán, 1987).

Randkurvor har tagits fram för enskilda växtnäringsämnen. Kurvan anger hur tillväxten beror av koncentrationen av ett näringsämne vid ett bestämt utvecklingsstadium (Simán, 1993a). Den optimala koncentrationen sammanfaller med den högsta tillväxten. Utifrån kurvan har koncentrationsvärdena delats in i olika klasser för att ge ett mått på hur den koncentration som motsvarar en viss tillväxt skiljer sig från den optimala: mycket stark brist, stark brist, någon brist, optimalt, något över optimalt och mycket över optimalt (Simán, 1993a). Randkurvorna sammanfogas till kalibreringskurvor som finns lagrade i en datormodell (figur 1). Även kvoter mellan olika näringsämnen beräknas. Gödsling med ett ämne stimulerar tillväxten så att brist av ett annat kan uppkomma. Simán (1986) visade att en ökning i grödans kvävekoncentration hade varierande inverkan på tillväxten beroende på hur väl balanserade de övriga näringsämnena var. Sådana obalanser i växtnäringsinnehåll kan detekteras med analysmodellen.



Figur 1. Kalibreringsguide för skattning av stråsådens kvävebestånd (Simán 1974).

Vid analys jämförs innehållet av olika näringsämnen med respektive kalibreringsguides optimala koncentration. Den högsta skörden erhålls vid kvävekoncentrationer motsvarande den absolut optimala kvävekoncentrationen i kalibreringsguiden. De olika ämnens koncentrationer jämförs sedan i modellen sinsemellan för att få fram en gödslingsrekommendation (Simán, 1987). Kvoter mellan näringsämnen jämförs med kvoter vid optimala koncentrationer för att avslöja obalanser av näringsämnen (Simán, 1991). Växtanalysen ger dock bara ett kvalitativt mått på grödans inre växtnärings-

status. Är innehållet av ett ämne underoptimalt föreligger behov av kompletteringsgödsling. Jordanalys är viktig i modellen för beräkning av den kvävebudget som ligger till grund för gödslingsrekommendationen. I VDG-modellen ingår beräkningar grundade på jordens mullhalt, stallgödselanvändning i växtföljden, stallgödselanvändning till årets gröda samt mineralisering av kväve från föregående års gröda (Simán, 1993). Följande slutliga beräkningar görs för att bedöma behovet av tilläggsgödsling med kväve:

Totalt kvävebehov under hela växstsäsongen

- Redan upptaget vid provtagningstillfället
- Mineralkvävehalt i matjorden multiplicerad med en antagen upptagningskoefficient
- Vid provtagning återstående kvävemineralisering
- Beräknat återstående alvbidrag
- + Normal restkvävemängd i matjorden
- = **Kväveunderskott som skall täckas med gödsling**

Det totala kvävebehovet beräknas med utgångspunkt från förväntad skörd och proteinhalt. Det kväve som redan tagits upp mäts genom analys av det ytbestämda växtprov som lämnas in. Mineralkvävehalten i marken reduceras med en koefficient beroende på risken för förluster före upptagningen. Kvävemineraliseringen är svårbestämd, men uppskattas med utgångspunkt från mullhalten i marken och stallgödselanvändning. Alvbidraget varierar med gröda och tidpunkt. Restkvävet är den mängd kväve som normalt finns kvar i matjorden då grödan slutar att ta upp näring. (Svensson, 1993)

Värdet av analysen beror av hur noggrant provinsamling och provpreparering sker. Det gäller att man väljer rätt växtdel, anger rätt utvecklingsstadium, väljer ut ett representativt prov, samt följer packnings- och transportföreskrifter. I provet får det inte ingå växtdelar som är angripna av sjukdomar, skadedjur eller lider av torka eller vattenöverskott. Man skall undvika att ta prov under regniga dagar för att undvika jordinblandning. (Simán, 1993b)

Avvikelser i rekommendationerna beror i regel på att man angivit felaktigt utvecklingsstadium, att proverna inte är representativa för fältet eller att väderleken är för torr. Eftersom brist i växten kan bero på nedsatt rotfunktion som vid torka behöver växtanalysen kompletteras med provtagning av jorden för att gödslingsrådet skall bli så riktigt som möjligt (Simán, 1987). Brist i växten kanske inte innebär att kvävet är slut, bara att grödan inte kan nå det för tillfället. En annan orsak till feltolkning i modellen kan vara att växtens kvävestatus lätt kan förändras under tillväxtperioden. Vid otur kan provet representera kvävestatusen under endast en kort tid av tillväxtperioden. Vill man ha ett säkrare resultat behöver man ta prov flera gånger under växstsäsongen. (Simán, 1991)

VDG-modellen prövades under 80- och 90-talet i ett projekt i samarbete mellan Avdelningen för växtnärlära vid SLU, SLR, AgroLab AB, AnalyCen, SL, VL och Hydro Supra AB (idag Hydro Agri). När modellen indikerade brist av något näringsämne ökade i regel skörden och proteinhalten vid en kompletteringsgödsling (Simán, 1993b). Fältnässig prövning av växtanalysmodellen har också redovisats av Andersson (1990). Modellen klarade i de flesta fall av att bedöma grödans riktiga kvävetillstånd. I en liknande studie av kompletteringsgödsling efter växtanalys i stråsäd

(Franzén, 1990) blev resultatet ökad skörd och ökad proteinhalt, och precisionen i gödslingen kunde förbättras.

### 3.3.2 Nitratmätare

Mätning av nitrat i växtsaft med färgreagens har använts länge. Lundblad (1959) beskrev ett testförfarande avseende kemisk undersökning av kväve i växande gröda. Han förklarade hur man skar sönder växtdelar, till vilka man tillsatte reagens för att registrera ett färgomslag. Där det fanns nitrat blev växtdelarna blåfärgade. Skedde inget färgomslag antog man att det förelåg brist på ämnet. Genom att provta olika delar av plantans ovanjordiska delar kunde man få en bild av hur nitraten var fördelat i växten. På så sätt kunde man få en uppfattning av hur akut den eventuella bristen på kväve var.

Analys av nitrat i växter med färgreagens har under 80-talet studerats på olika håll (Skriver, 1985; Steen, 1985; Østergaard, 1988, 1989, 1993; Pettersson, 1997b). Mätningen av nitrat i växtsaften ger en ögonblicksbild av växtens nitratförsörjning. Man mäter nitrathalten i den saftström som går från rötterna upp i de ovanjordiska växtdelarna. Det är stråbasens växtsaft som analyseras eftersom nitraten längre upp i plantan börjar omvandlas till proteiner (Skriver, 1985). I växtanalyssammanhang nämns också ofta snabbtest av nitrat i växtsaft (Simán, 1986; Simán 1990; Andersson, 1990).

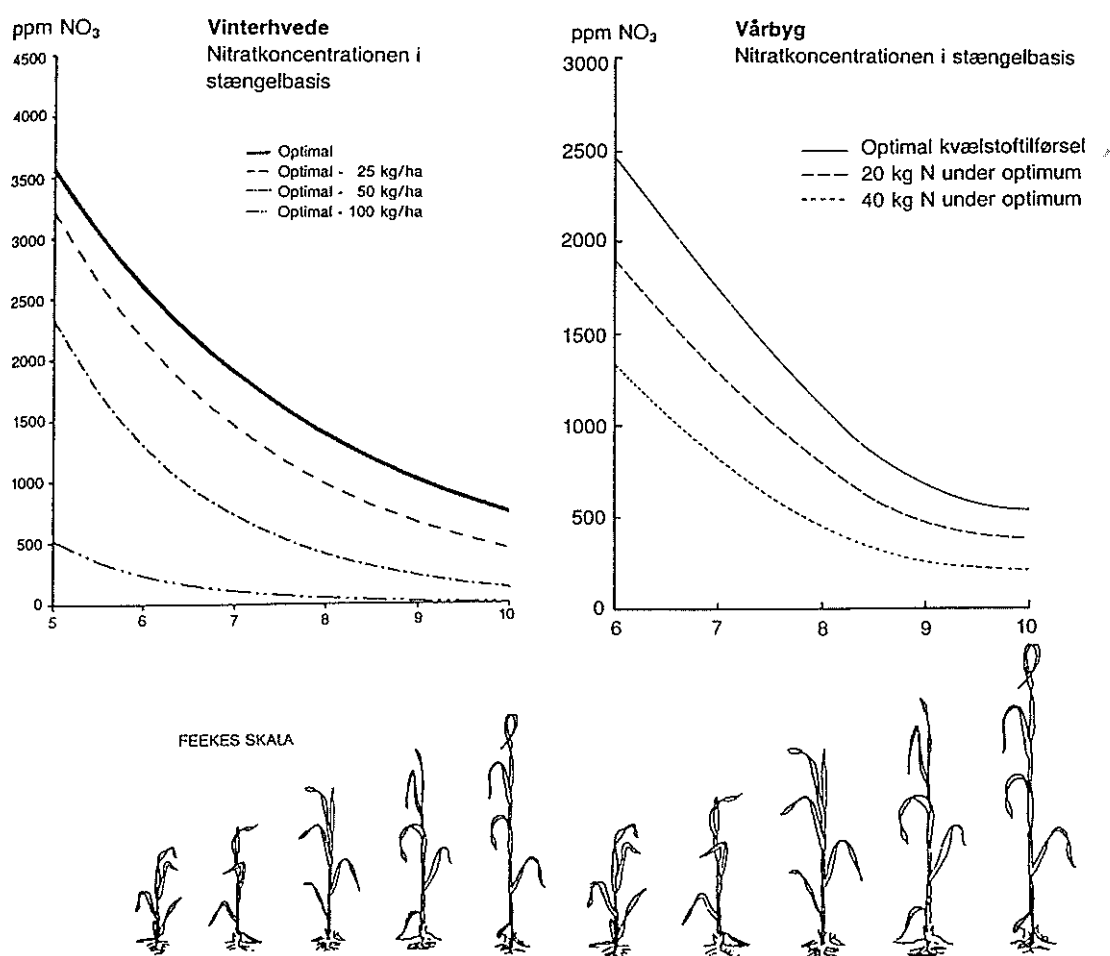
Steen (1985) visade i försök att snabbtest av nitrat enligt en tysk modell (Nitrat-Schnelltest) gav god överensstämmelse med kvävestatus avseende totalkväveinnehåll relaterat till grödans utvecklingsstadium. Från plantor plockade på representativa platser i fältet klipptes 0,5 cm långa bitar av stråbasen. Med ett reagens bestående av difenylamin och svavelsyra erhöles en blå färgförändring vars intensitet berodde av nitratkoncentrationen. I samma undersökning redovisas en viss dygnsvariation i stråbasens nitrathalt, men den var så liten att den inte inverkade särskilt mycket på klassindelningen efter färgvärde. Nitrathalten avtar från morgon till kväll på grund av att nitrat åtgår vid proteinsyntesen. För att minimera risken borde provtagning ske vid en och samma tidpunkt på dagen. Variationer till följd av väderförändringar kunde dock inte påvisas.

Nitratmätning enligt ODALs anvisning med en modifierad metod genomförs med indikatorstickor för nitrat i stråbasens växtsaft (Pettersson, 1997a). Indikatorstickorna är samma som används för mätning av nitrat i grundvatten. Nitratstickornas användbarhet för kvävestyrning studerades i Danmark på 80-talet. I Sverige vidareutvecklades denna danska metod av CG Pettersson (1997a). Den nedersta delen av huvudskottet klipps av och växtsaften pressas ut med en vitlökspress. Indikatorstickor för nitrat ger en färgförändring. Ju mer nitrat desto snabbare sker färgförändringen. Østergaard (1988) har publicerat ett diagram över hur hög nitratkoncentrationen i stråbasen bör vara vid olika utvecklingsstadier hos vårkorn och höstvet (figur 2). Det tog flera år att få fram ett bra samband för höstvet på grund av stora årsvariationer (Østergaard, 1988, 1989).

Resultat från försöken i Danmark (Østergaard, 1988) antydde att kurvan i figur 2 påverkas av förfrukten. Kurvan får en flackare lutning vid förfrukter som ärter och raps än vid förfrukt korn. Detta beror troligtvis på att mer kväve mineraliseras under

säsongen så att grödan inte är lika beroende av höga halter kväve i tidiga utvecklingsstadier.

De danska forskarna spädde vätskan för att kunna läsa av nitratkoncentrationen. Engelska forskare använde sig också av danskarnas nitratstickor men istället för spädning tog de tiden till fullt utslag på stickorna, 500 ppm (Pettersson, 1988). Under 80-talet använde växtodlingsrådgivare på Hushållningssällskapen i Svealand både de danska koncentrationskurvorna (figur 2) och de engelska tidskalibreringarna. På så sätt kunde metoden förenklas. De svenska erfarenheterna visade att man med hjälp av stickorna kunde upptäcka akut kvävebrist cirka två veckor innan grödan började blekna (Pettersson, 1988). Man kunde även styra proteingödslingar till de fält som behövde mer kväve på ett säkrare sätt än genom teoretiska beräkningar av kvävebehovet.



Figur 2. Nitratkoncentration i stråbasens växtsaft vid olika utvecklingsstadier hos höstvede och vårkorn (Østergaard, 1988).

Sedan slutet av 70-talet har nitratmätning med indikatorstickor använts i svenska potatisförsök (Linnér, 1993). Linnér (1993) beskrev användningen av nitratstickor för bestämning av nitrathalten i bladskaff hos potatis. Sambanden var bra mellan uppmätta nitrathalter och på laboratoriet analyserade nitratkvävehalter i % av torrsubstansen. I danska försök i stråsäd (Østergaard, 1993) verkade nitratmätningen med indikator-

stickor att övervärdera kvävebehovet något, dvs metoden angav större gödsling än den vid ekonomiskt optimum. Förklaringen ligger troligtvis i väderförhållandena före och efter provtagning. Grödans vattenförsörjning är viktig för resultatet. De danska försöken visade också att verkningen av sen gödsling kunde vara osäker. Nitratmätare enligt ODALs anvisning har prövats vid axgång i svenska malkornsförsök (Pettersson, 1997b). Nitratmätaren visade då bra överensstämmelse med proteinhalten.

Analysens pålitlighet är helt beroende av i vilken grad den gödsel som spritts utnyttjats fram till provtagningstillfället. Torka, dålig jordstruktur eller ej upplöst gödsel kan påverka växternas nitratupptag (Skriver, 1985). Det är viktigt att ta ut representativa prover. Det gäller också att stråbaserna är torra vid analysen och att de inte är jordiga.

### 3.3.3 Kalksalpetermätare

Østergaard (1993) beskrev en ny metod för bestämning av kvävestatus utan analys av växnäring som börjat att användas i danska försök under 1991 och 1992. Denna snabbmetod byggde på mätning av bladens klorofyllhalt genom deras absorption av genomträngande ljus. Klorofyllmängden i plantan anses ge ett indirekt mått på plantans kvävestatus. Hydro Agri AB har för tillämpning av denna princip tagit fram Kalksalpetermätaren efter utprovningar av ett instrument tillverkat av Minolta (Bertilsson & Gruvaeus, 1996). Mätaren fungerar som en tång som man klämmer om bladet. Vid mätningen sänds en infraröd stråle genom bladet och ju mer klorofyll som finns i vävnaden desto mer av detta ljus absorberas (Hydro Agri, 1997). Efter 30 mätningar erhålls ett siffervärde som utgör medeltalet av mätningarna. Det optimala siffervärdet med hänsyn till hur grödans kvävestatus avspeglas varierar med gröda och sort. En stor mängd mätningar ligger till grund för de gränsvärden som fastställts med avseende på behovet av tilläggsgödsling (Bertilsson & Gruvaeus, 1996; Kjellquist, 1998). Gränsvärdet utgör det optimala siffervärdet. Vid värden som understiger gränsvärdet rekommenderar Hydro Agri kompletteringsgödsling.

I försöken 1995 (Bertilsson & Gruvaeus, 1996) registrerade Kalksalpetermätaren inte bara kvävebrist utan också svavelbrist som en följd av att plantans grönhetsgrad inte bara påverkas av kvävetillgången. Mätaren visade också skillnader i grönhetsgrad orsakad av olika typer av gödselmedel. Mätvärdet blev lägre där man använt ammoniumrika kvävegödselmedel än där man använt kalksalpeter vars kväve nästan helt föreligger i form av nitrat.

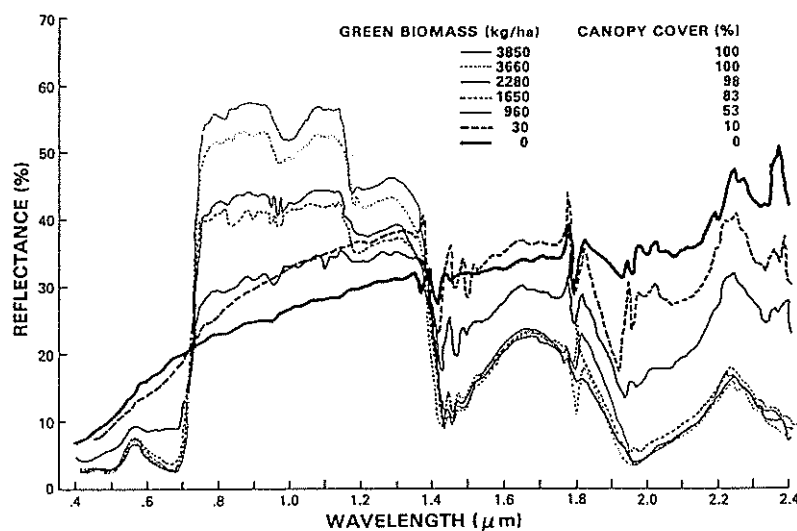
Mätningar i försök 1995 och 1996 visade att Kalksalpetermätaren gav riktigt utslag i 70-80 % av fallen vid jämförelse mellan skördevärdeökningen av en kompletteringsgödsling med 40 kg kväve per hektar och mätarens utslag. Rekommendationerna för 1997 (Hydro Agri, 1997) var att mäta i grödans utvecklingsstadium 37-45 enligt Zadoks et al. (1974). Själva mätningen skulle ske mitt på det andra fullt utvecklade bladet ovanifrån på plantan. Gränsvärdet för brödvetesorten Kosack var satt till 590. Vid värden lägre än gränsvärdet rekommenderades en tilläggsgödsling med 30-40 kg kväve per hektar som kalksalpeter. Kompletteringsgödslingen skulle enligt rekommendationerna ske i samma stadium som vid mättillfället.

### 3.3.4 Cropscan

Cropscan är en form av fjärranalys, vilket här innebär att man gör mätningar av grödan utan att beröra den. Metoden bygger på mätning av elektromagnetisk strålning från solen och reflektion av denna från grödan. Man kan till exempel belysa hur växterna utnyttjar ljus av olika våglängd för fotosyntesen. En grödas spektrala egenskaper påverkas i dessa avseenden då den utsätts för stress, varvid mängden av och riktningen på den strålning som reflekteras från grödan förändras. Faktorer som påverkar mätningarna är solhöjd, mätvinkel, väderlek samt grödslag, sort, utvecklingsstadium, beståndsuppbyggnad, växtgeometri, radernas orientering och jordens färg (Guyot, 1990). Kvoten mellan den infallande och den reflekterade strålningen kallas reflektans.

Inom våglängder mellan 400 och 700 nm (synligt ljus) absorberas den infallande strålningen av bladens pigment, varav klorofyll a och b är de dominerande. Eftersom ljuset inom det nämnda området till stor del absorberas blir reflektansen låg (<15%). Inom det nära infraröda området, NIR (700-1100 nm), är pigmentens absorption låg och reflektansen blir därför stor (Guyot, 1990). Kvävebrist förändrar hela reflektansspektrum. Inom synligt ljus ökar reflektansen som en följd av minskad klorofyllhalt, medan reflektansen inom NIR sjunker som en följd av färre cellager i bladet. Även sjukdomar och andra näringsbrister kan ändra plantans pigmentinnehåll.

Ett reflektansspektrum för en gröda innehåller förutom grödans reflektans också markens (figur 3). När grödan växer och täcker markytan minskar markens inflytande på reflektansspektrum (Guyot, 1990).



Figur 3. Reflektansspektrum för en lucerngröda med olika mängd biomassa (Asrar, 1989).

Vid god tillväxt ökar reflektansen i NIR och minskar inom rött ljus. Man har kunnat visa att kvoten mellan reflektans inom infrarött och rött ljus ( $IR/R$ ) är nära korrelerad med LAI (bladyteindex), samt att den normaliserade kvoten,  $NDVI = (IR - R) / (IR + R)$  är nära korrelerad med mängd biomassa (Kanemasu et al., 1990; Nilsson, 1993). Bladyteindex utgör mängden bladyta per enhet markyta.

Cropscan är en spektrometri som mäter den infallande globalstrålningen och den reflekterade strålningen från grödan. I en version sker detta i åtta våglängdsband (460, 505, 559, 638, 686, 761, 813 och 981 nm). Cropscanmätaren ger ett direkt mått på reflektansen i procent av den infallande strålningen. På så sätt bortfaller behovet av en referens. Det betyder i praktiken att mätningar kan genomföras även vid lätt molnighet. Vid tjocka moln påverkas fotosyntesen negativt och mätningarna blir då inte tillförlitliga (Nilsson, 1993). Metoden har hittills använts inom den svenska försöksverksamheten främst för objektiva bedömningar av sjukdomsangrepp i olika grödor (Nilsson, 1991; Carlsson, 1993).

Detektering av kvävebehov med spektrometri kräver mycket hög spektral upplösning, dvs mätning i många fler våglängdsband än den nämnda Cropscan-versionens åtta. Detta kräver mer grundläggande forskning. Det är dessutom svårt att finna bra samband vid mätningar i fält eftersom det förekommer störningar, exempelvis från jord. För en lättläst orientering om fjärranalys för växtnäringssstyrning hänvisas till Browén (1995).

## 4. Material och metoder

### 4.1 Fältförsök

Under 1997 lades försök i serien L3-2230 ut på 11 platser i södra och mellersta Sverige. Fyra försök, tre med höstvet och ett med vårvete, placerades i var och en av tre regioner: Västergötland, Östergötland och Mälardalen. I Mälardalen utgick dock vårveteförsöket till följd av problem med etableringen under våren. Höstvetesorten Kosack samt vårsorten Dragon odlades. Nedan följer en närmre beskrivning av försöksplatsernas geografiska läge (figur 4). Vädret under växtsäsongen kännetecknades av en blöt och kall vår samt en varm och torr eftersommar. I tabell 1 redovisas nederbörden vid varje försöksplats under växtodlingssäsongen.



Figur 4. Försöksplatsernas geografiska läge.

Tabell 1. Nederbörd (i mm) veckovis under maj-juli 1997

|            | v. 20 | v. 21 | v. 22          | v. 23          | v. 24           | v. 25           | v. 26           | v. 27           | v. 28          | Summa |
|------------|-------|-------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-------|
| Logården   | 15    | 5     | 10             | 0 <sup>1</sup> | 0               | 61 <sup>2</sup> | 48              | 24 <sup>3</sup> | 0              | 163   |
| Bjertorp   | 10    | 1     | 8              | 0 <sup>1</sup> | 0               | 34 <sup>2</sup> | 49              | 31 <sup>3</sup> | 0              | 133   |
| Hökatorp   | 5     | 1     | 7              | 0 <sup>1</sup> | 0               | 37              | 44 <sup>2</sup> | 27 <sup>3</sup> | 0              | 127   |
| Kedevad    | 6     | 0     | 8              | 4 <sup>1</sup> | 4               | 35 <sup>2</sup> | 32              | 10 <sup>3</sup> | 0              | 99    |
| Stensvad   | 2     | 5     | 6 <sup>1</sup> | 7              | 13              | 37 <sup>2</sup> | 33              | 20              | 0 <sup>3</sup> | 123   |
| Tornby     | 9     | 0     | 7 <sup>1</sup> | 0              | 6               | 24 <sup>2</sup> | 20              | 12 <sup>3</sup> | 0              | 78    |
| Brunnby    | 11    | 4     | 3              | 0              | 3 <sup>1</sup>  | 25              | 30 <sup>2</sup> | 18              | 0 <sup>3</sup> | 94    |
| Kumla      | 6     | 2     | 9              | 0              | 30 <sup>1</sup> | 60              | 12 <sup>2</sup> | 0               | 0 <sup>3</sup> | 119   |
| L.Vallskog | 4     | 12    | 1              | 0              | 31 <sup>1</sup> | 52              | 11 <sup>2</sup> | 3               | 0 <sup>3</sup> | 114   |
| Bjällösa   | 4     | 0     | 11             | 0              | 7 <sup>1</sup>  | 15              | 44              | 11              | 4 <sup>3</sup> | 96    |

1= Provtagningsstillfälle 1

2= Provtagningsstillfälle 2

3= Provtagningsstillfälle 3

Försöken lades ut och sköttes av Skaraborgs läns hushållningssällskap, Östergötlands läns hushållningssällskap, Västmanlands läns hushållningssällskap samt HS Landsbygdkonsult, Fransåker, Mårsta.

#### 4.1.1 Försöksplan

Försöken lades ut som fullständigt randomiserade blockförsök innehållande fyra behandlingar med fyra upprepningar (tabell 2). En grundgiva med kväve motsvarande 120 kg N/ha anpassades efter mineralkväveinnehållet (ammonium- och nitratkväve) i marken på våren inom 60 centimeters djup. Kvävegivan (kg N/ha) beräknades med formeln  $120 - 0,75 \cdot \text{mineralkväve}$ . Gödslingen gjordes med kalksalpeter innehållande svavel (KsS). Kompletteringsgivor med kväve tillfördes som kalksalpeter (Ks) i utvecklingsstadium 32 (2:a noden kan kännas) och/eller 45 (flaggbladets slida betydligt vidgad) enligt Zadoks et al. (1974).

Bruttostorleken på parcellerna i försöken var  $3 \text{ m} \cdot 18 \text{ m} = 54 \text{ m}^2$ . Skörderutornas storlek uppgick till  $2,40 \text{ m} \cdot 10 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$ . I Västergötland samt på Kumla och L. Vallskog i Mälardalen avvek storleken på skörderutorna från försöksplanen på grund av mindre bruttorutor och omfattande provtagningar.

Tabell 2. Försöksplan

| Led | Gödselmedel | Grundgiva i mitten<br>av april | Kompletteringsgiva<br>tidigt i stadium 32 | Kompletteringsgiva i<br>stadium 45 |
|-----|-------------|--------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|
| A   | KsS         | 120                            | 0                                         | 0                                  |
| B   | KsS, Ks     | 120                            | 40                                        | 0                                  |
| C   | KsS, Ks     | 120                            | 0                                         | 40                                 |
| D   | KsS, Ks, Ks | 120                            | 40                                        | 40                                 |

## 4.2 Provtagningar

Följande provtagningar, som huvudsakligen också visas i tabell 3, utfördes:

Tabell 3. Översikt över de provtagningar som utfördes under grödans tillväxt

| Analysmetod         | Stadium 32      | Stadium 45*     | Stadium 60      |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Mineralkväve i jord | Rutvis led A**  | Led A och B     | -               |
| Växtanalys          | Rutvis led A**  | Led A och B     | -               |
| Nitratmätare        | Rutvis led A    | Rutvis alla led | Rutvis alla led |
| Kalksalpetermätare  | Rutvis led A    | Rutvis alla led | -               |
| Cropscan***         | Rutvis alla led | Rutvis alla led | Rutvis alla led |

\*På Bjällösa utfördes ingen provtagning i stadium 45.

\*\* Prover togs ut rutvis men slogs samman för ledvis analys.

\*\*\*På Rasegården utfördes Cropscan-mätningar endast i stadium 60.

### 4.2.1 Generalprov av jord

Generalprov uttogs på våren före gödsling. Jordprov togs i skikten 0-30 cm och 30-60 cm. De frystes så fort som möjligt. Jordproverna analyserades vid AnalyCen i Skara. De extraherades med 2 M KCl efter homogenisering i fruset tillstånd, varefter innehållet av ammonium- och nitratkväve bestämdes med en Technicon Autoanalyser II. Analysvärdena räknades om till kg N/ha med beaktande av standardvolymvikter och aktuell vattenhalt.

### 4.2.2 Växt- och jordanalys under växtsäsongen

I utvecklingsstadium 32 (2:a noden kan kännas) enligt Zadoks et al. (1974) togs växt- och jordprover ut i led A. Dessutom togs prover ut i stadium 45 (flaggbladets slida betydligt vidgad) i led A och B. Fyra sårader, 0,5 m långa, klipptes i varje ruta (totalt 0,25 m<sup>2</sup>/ruta) och slogs samman för ledvis analys. Växtproverna klipptes av alldeles intill markytan. På laboratoriet vägdes, torkades och maldes växtproverna till 1-1,5 mm stora bitar som därefter analyserades med avseende på olika näringsämnen. Kväveinnehållet bestämdes med elementaranalys och de övriga ämnena, bland annat fosfor, kalium och svavel, detekterades med ICP. Analyserna genomfördes av AnalyCen i Skara.

För bestämning av mängderna växttillgängligt kväve (mineralkväve) i marken togs kväveprofiler samtidigt ut. I varje klippt sårad gjordes två borrstick, totalt 16 st per led. Jordproverna slogs samman för ledvis analys men delades dessförinnan i två skikt, 0-30 cm och 30-60 cm. Provtagning och analys utfördes såsom ovan beskrivits.

### 4.2.3 Nitratmätare

Huvudskotten på 20 plantor klipptes av inom varje ruta. Stråbaserna torkades sedan av från jord och klipptes av strax ovan rothalsen. Ca en centimeter långa bitar längst ner på stråbaserna klipptes sedan av och pressades på växtsaft med en vanlig vitlökspress. En indikatorsticka för nitratbestämning av märket Merckoquant vättes med växtsaften. Efter en minut fastställdes färgomslaget med en Nitrachek 404. Detta är ett mätinstrument, som kalibrerats för nitratkoncentrationer i växtsaft och som läser av färgstyrkan på nitratstickan. Värdet angavs i ppm nitrat i stråbasens saft. Utslagen på

två nitratstickor registrerades för varje prov. I stadium 32 utfördes mätningarna rutvis i led A. I stadium 45 och 60 (begynnande blomning) gjordes provtagning och mätning rutvis i samtliga led.

#### **4.2.4 Kalksalpetermätare**

Med Hydro Agris Kalksalpetermätare mäts indirekt klorofyllhalten i blad och därmed registreras också indirekt kvävestatusen i grödan. Mätningar gjordes rutvis i stadium 32 i led A och i stadium 45 i alla rutor i samtliga led. Provtagningen omfattade mätning på 30 blad. Två olika registreringar utfördes: en på plantans yngsta blad (bladnivå 1) och en på plantans näst yngsta blad (bladnivå 2).

#### **4.2.5 Cropsan**

Cropsan är som nämnts en handburen radiometer som mäter skillnaden mellan den infallande globalstrålningen och det reflekterade ljuset från grödan. Den utnyttjade radiometern, Cropsan Multispectral Radiometer modell MSR 87, har åtta sensorer som mäter i åtta våglängdsband inom synligt ljus och nära infrarött ljus, NIR (450-981 nm). Mätningen genomfördes från 2 m höjd på fyra platser inom varje ruta och i samtliga led samtidigt med provtagningarna i de nämnda utvecklingsstadierna. Mätvärdena registrerades i en datalogger, Tandy 102.

#### **4.2.6 Spannmålsanalys**

Kärnskörden analyserades rutvis i försöken i Mälardalen med avseende på vattenhalt vid skörd, rymdvikt, tusenkornvikt, råproteinhalt och falltal, medan analyserna i de övriga försöken genomfördes ledvis på sammanslagna prover. För beräkning av råproteinhalten multiplicerades totalkvävehalten i kärnskörden med faktorn 5,7.

### **4.3 Beräkningar**

#### **4.3.1 Skördedata**

Råskördedata räknades om till skörd per hektar med 15% vattenhalt. Avkastningarna jämfördes sedan med hjälp av variansanalys dels försöksvis och dels sammanslaget för hela serien. Proteinhalterna utvärderades också med variansanalys efter sammanslagning av försöken.

#### **4.3.2 Gödselkväveutbyte**

Det finns olika modeller att beräkna grödans kväveutnyttjande. Man kan i försök bl.a. beräkna skillnaden i kväveinnehåll i kärnskörden mellan led med och utan gödselkväve, eller på motsvarande sätt beakta det totala kväveupptaget. I praktiken är det lättare att använda sig av kvoten mellan kväveskörd, dvs den mängd kväve som bortförts med kärnskörden, och tillförd gödselkvävegiva som ett mått på kväveutnyttjandet. Eftersom hänsyn då inte tas till det kväve som levereras från marken under växtsäsongen kan det beräknade kväveutnyttjandet bli mer än 100 % om upptaget av markkväve är stort. Gödselkvävet kan naturligtvis inte utnyttjas till mer än 100%. För att undvika förvirrande begrepp kallas här kvoten mellan mängden bortfört kväve och tillfört kväve

för gödselkväveutbyte. Det gäller dock att alltid ha i minnet att andra kvävekällor utöver de nämnda och förekommande förluster också påverkar kvoten.

### 4.3.3 Ekonomi

För att få reda på om kompletteringsgödslingarna var motiverade i de enskilda fallen genomfördes en enkel ekonomisk utvärdering av försöken. Det monetära värdet på skörden beräknades genom att korrigera grundpriset på spannmålen med eventuella pristillägg eller avdrag med avseende på proteinhalt. Som grundpris valdes Odals pool 1-pris (höstveckor 1997) för skörd 1997 (tabell 4). Proteintillägg eller avdrag för motsvarande period beaktades (tabell 5a och b). Gödselpriset grundar sig på prisläget inom ODAL under april 1997 (Linder, 1998, pers. medd.). April valdes för att undvika lagerkostnader. På basis av detta räknades nettointäkten för kompletteringsgödslingen ut med beaktande av proteinbetalning och gödselkostnad. Nettointäkten för kompletteringsgödslingarna räknades ut genom att grundledet A ”nollades”.

Tabell 4. Priser utnyttjade i de ekonomiska beräkningarna

| Vara         | Pris         |
|--------------|--------------|
| Höstvete     | 107,50 kr/dt |
| Vårvete      | 115,00 kr/dt |
| Kalksalpeter | 8,45 kr/kg N |

Proteinbetalningsberäkningarna grundar sig på prisavdragen och -tilläggen i tabell 5a och 5b. Vid avdrag kan priset inte bli lägre än fodervetepriset, i detta fall höstvetepris minus 5 öre per kilo. Pristillägget för hög proteinhalt betalas då baskravet för falltal och rymdsvikt är uppnått. Dessa baskrav uppfylldes på samtliga platser med undantag av låg rymdsvikt i led A på Bjällösa.

Tabell 5a. Prisavdrag för låg proteinhalt

| Proteinhalt, % | Prisavdrag |
|----------------|------------|
| 11,4- 11,0     | -1 %       |
| 10,9- 10,5     | -2 %       |
| 10,4- 10,0     | -3,5 %     |
| 9,9- 9,5       | -5 %       |
| < 9,5          | -6 %       |

Tabell 5b. Pristillägg för hög proteinhalt

| Proteinhalt, % | Pristillägg                 |
|----------------|-----------------------------|
| Höstvete:      |                             |
| > 11,5         | 2 öre/kg                    |
| 12,0-15,0      | 0,2 öre/kg och 0,1% protein |
| Vårvete:       |                             |
| > 12,5         | 4 öre/kg                    |
| 13,0-14,5      | 0,5 öre/kg och 0,1% protein |

#### 4.4 Statistisk bearbetning

Statistisk bearbetning av siffermaterialet utfördes med programmet NCSS 6.0 (Number Cruncher Statistical System). Skördedata och materialet från fältmetoderna bearbetades med variansanalys och genom test av korrelationer mellan olika variabler. För att få en bild av hur säkra mätningarna med en viss metod är, belystes där så var möjligt de enskilda mätningarnas variationer med hjälp av variationskoefficienter för upprepade mätningar vid ett och samma tillfälle. Med variationskoefficient avses här standardavvikelsen för de upprepade mätningarna i procent av deras medelvärde.

### 5. Resultat och diskussion

#### 5.1 Kärnskördar

##### 5.1.1 Höstvete

I höstveteförsöken medförde tilläggsgödsling med kväve skördeökningar utom i ett fall (tabell 6a). Grundgödsling med enbart 120 kg kväve i april gav i medeltal drygt 6700 kg kärna per hektar. En tilläggsgiva med 40 kg kväve i stadium 32 enligt Zadoks ökade skörden med i genomsnitt 570 kg eller 8%. Sen tilläggsgödsling, med samma giva i stadium 45, gav något sämre merutbyte. Ökningen blev där 460 kg, en merskörd motsvarande 7%. Med två tilläggsgödslingar steg kärnsköörden med ca 800 kg per hektar, det vill säga med 12 %. Avkastningarna för de olika behandlingarna, som medeltal för försöken, var statistiskt signifikant skilda från varandra, utom led B och C ( $p < 0,001$ , LSD (5%) = 200 kg/ha).

Den enskilda försöksplatsen hade stor betydelse för skördeutfallet. På samtliga platser utom L.Vallskog ledde kompletteringsgödslingarna till högre avkastning i alla led (tabell 6a). Försöksvisa statistiskt signifikanta skillnader mellan avkastningarna i de olika leden erhöles på Hökatorp i Västergötland, på samtliga försöksplatser i Östergötland samt på Brunnby och Kumla i Mälardalen.

På Logården i Västergötland var led D statistiskt signifikant skilt från led A, medan de övriga leden skilde sig från led A på Hökatorp. På Bjertorp gav tilläggsgödslingarna visserligen en viss merskörd, men ökningarna var förhållandevis små, och skillnaderna var ej signifikanta. Skördenivån i det led som endast grundgödslades var hög, drygt 8900 kg per hektar. Det kan tänkas att denna avkastningsnivå låg nära biologiskt optimum, det vill säga den högsta skörd som marken kunde frambringa under rådande förhållanden.

Försöken i Östergötland svarade samtliga bra på kompletteringsgödslingarna. Skillnaderna mellan avkastningarna för tilläggsgödslingarna och grundgivan var statistiskt signifikanta. På Kedevad skilde sig led A från de led som kompletteringsgödslats. På Stensvad fanns signifikanta skillnader även mellan de led som fick tilläggsgiva, där led D inte bara skilde sig från led A utan även från led B och C. Avkastningarna på Tornby visade på skillnader mellan led A och de övriga men också mellan led C och led D. Mellan led B och D fanns inga signifikanta skillnader.

I försöken i Mälardalen låg avkastningsnivåerna generellt lägre än i de båda andra områdena. På Brunnby noterades dock inga anmärkningsvärda förhållanden. Där fanns signifikanta skillnader i avkastningarna mellan samtliga led.

På L. Vallskog uppkom endast små skillnader i kärnavkastning, ingendera signifikant. I det led som kompletteringsgödslats med 40 kg kväve i utvecklingsstadium 45 var skörden till och med lägre än i det led som endast grundgödslats. Trots ett glest bestånd förekom liggsäd i försöket vilket kan vara en orsak till de små skillnaderna i skördeutfall. Gödslingen var troligtvis överoptimal med hänsyn tagen till jordkvävetillgången under växtsäsongen (tabell 9).

Beståndet på Kumla var vid första provtagningen tätt och frodigt och mörkgrönt till färgen. I slutet av juni, vid andra provtagningstillfället, noterades rikligt med mörka stråbaser. Dessutom var ogrästrycket hårt. Särskilt snärjmåra fanns i stora mängder. Vid sista provtagningstillfället, två veckor senare, noterades också bladfläckar högt uppe i beståndet. Det kraftiga ogrästrycket tillsammans med svampangreppen torde vara anledningen till den låga avkastningsnivån i försöket. Statistiskt signifikanta skillnader noterades dock mellan led A och de två led som gödslades i stadium 45, dvs led C och D.

### 5.1.2 Vårvete

På Rasegården var avkastningsnivån mycket hög redan i det grundgödslade ledet, 8250 kg/ha. De små eller måttliga effekterna av tilläggsgödslingarna var förmodligen en följd av den kväverika förfrukten, vitkål (tabell 6b). Troligtvis fanns stora mängder mineraliserat kväve tillgängligt för grödan under hela tillväxtperioden. På Bjällösa i Östergötland gav kompletteringsgödslingarna däremot ett tydligare merutbyte i skördeutfallet. Där ökade skörden med 460 kg/ha och 370 kg/ha vid tidig respektive sen tilläggsgödsling. Med två tilläggsgivor ökade skörden med knappt 600 kg/ha.

Tabell 6. Kärnankastning (kg/ha, 15% vattenhalt) hos höstvetete (a) och vårvete (b) vid olika kvävegödslingarnivåer och olika gödslingstillfällen

| a. Höstvete            |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |         |  |                  |        |          |          |      |
|------------------------|----------|--|----------|--|----------|--|----------|--|----------|--|----------|--|---------|--|------------------|--------|----------|----------|------|
|                        | Logården |  | Bjertorp |  | Hökatorp |  | Tornby   |  | Kedevad  |  | Stensvad |  | Brunnby |  | Kumla L.Vallskog |        | Medeltal | Relativt |      |
|                        | R-län    |  | R-län    |  | R-län    |  | E-län    |  | E-län    |  | E-län    |  | E-län   |  | U-län            | AB-län | C-län    |          |      |
| Kvävegödsling, kg N/ha |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |         |  |                  |        |          |          |      |
| A                      | 7860     |  | 8930     |  | 6770     |  | 7190     |  | 7460     |  | 7580     |  | 4750    |  | 3790             |        | 6150     |          | 6720 |
| 120+0+0                |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |         |  |                  |        |          |          | 100  |
| B                      | +380     |  | +360     |  | +930     |  | +790     |  | +640     |  | +520     |  | +940    |  | +330             |        | +210     |          | +570 |
| 120+40+0               |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |         |  |                  |        |          |          | 108  |
| C                      | +500     |  | +410     |  | +870     |  | +560     |  | +640     |  | +450     |  | +480    |  | +230             |        | -30      |          | +460 |
| 120+0+40               |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |         |  |                  |        |          |          | 107  |
| D                      | +700     |  | +340     |  | +1300    |  | +990     |  | +850     |  | +1250    |  | +1280   |  | +490             |        | +70      |          | +810 |
| 120+40+40              |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |          |  |         |  |                  |        |          |          | 112  |
| LSD, 5%                | 530      |  | 630      |  | 760      |  | 280      |  | 440      |  | 410      |  | 320     |  | 310              |        | 250      |          | 200  |
| Förfukt:               | ärter    |  | havre    |  | höstvete |  | korn     |  | höstvete |  | havre    |  | havre   |  | korn             |        | havre    |          |      |
| Jordart:               | mmh ML   |  | mmh ML   |  | mmh moLL |  | mmh mjLL |  | mmh mjLL |  | mmh MSL  |  | mmh SL  |  | mmh ML           |        | mmh ML   |          |      |

| b. Vårvete             |            |          |  |
|------------------------|------------|----------|--|
|                        | Rasegården | Bjällösa |  |
|                        | R-län      | E-län    |  |
| Kvävegödsling, kg N/ha |            |          |  |
| A 120+0+0              | 8245       | 5874     |  |
| B 120+40+0             | +470       | +463     |  |
| C 120+0+40             | +16        | +374     |  |
| D 120+40+40            | +358       | +594     |  |
| LSD,5%                 | 547        | 228      |  |
| Förfukt:               | vitkål     | korn     |  |
| Jordart:               | mmh molL   | mmh SL   |  |

## 5.2 Gödselkväveutbyte

Kväveutbytet, det vill säga förhållandet mellan kväveinnehållet i kärnskorde och kvävegivan, blev i de olika försöken generellt sämre ju högre den totala kvävegivan var (tabell 7). Utbytet i grundledet var i medeltal 89% för höstvetet. Den tidiga tilläggsivan gav ett utbyte på 80% och den sena 81%. Det sämsta gödselkväveutbytet, 72%, erhöles i led D som gödslats med totalt 200 kg kväve. Särskilt stort blev utbytet på Bjertorp och Rasegården, där det översteg 100 % i alla led utom led D. Även på L.Vallskog i Mälardalen var utbytet högt.

Tabell 7. Gödselkväveutbyte beräknat som kvävemängden i kärnskorde i procent av kvävegivan

| Försöksplats | Län | Led och kvävegödsling, kg N/ha |               |               |                |
|--------------|-----|--------------------------------|---------------|---------------|----------------|
|              |     | A<br>120+0+0                   | B<br>120+40+0 | C<br>120+0+40 | D<br>120+40+40 |
| Höstvete:    |     |                                |               |               |                |
| Logården     | R   | 96,4                           | 85,0          | 90,2          | 77,5           |
| Bjertorp     | R   | 126,5                          | 109,0         | 111,4         | 93,3           |
| Hökatorp     | R   | 76,3                           | 73,6          | 76,3          | 77,1           |
| Kedevad      | E   | 85,3                           | 81,6          | 86,9          | 79,3           |
| Stensvad     | E   | 96,1                           | 89,1          | 89,8          | 79,7           |
| Tornby       | E   | 86,6                           | 85,4          | 77,2          | 70,1           |
| Brunnby      | U   | 56,1                           | 56,6          | 58,3          | 54,6           |
| Kumla        | AB  | 48,0                           | 42,9          | 42,8          | 39,3           |
| L.Vallskog   | C   | 129,1                          | 95,2          | 91,5          | 72,4           |
| Medeltal     |     | 88,9                           | 79,8          | 80,5          | 71,5           |
| Vårvete:     |     |                                |               |               |                |
| Rasegården   | R   | 167,1                          | 132,4         | 120,4         | 99,2           |
| Bjällösa     | E   | 71,4                           | 68,1          | 68,1          | 63,6           |

I verkligheten kan gödselkväveutnyttjandet som nämnts inte bli mer än 100%. Att vissa försök visar på utbyten över det värdet tyder på att grödan hade tillgång till betydligt mer kväve än det direkt tillförda. De generellt höga värdena på Rasegården beror troligtvis på att kväve mineraliserats under säsongen som en följd av den kväverika förfrukten (vitkål). På L.Vallskog, som är en djurgård, hade stallgödsel tillförts tidigare år, vilket kan vara en förklaring till de höga värdena, särskilt i det led som inte kompletteringsgödslats. Det låga gödselkväveutbytet på Kumla kan troligen förklaras av den rikliga ogräsförekomsten och svampangreppen samt av att gödslingen var överoptimal i förhållande till avkastningsnivån. Det låga utbytet på Brunnby, som var det försök som hade näst lägst skördenivå, har ingen bra förklaring.

## 5.3 Spannmålskvalitet

Proteinhalten i kärnan steg med ökad kvävegödsling. Ju senare gödslingen utfördes desto högre blev proteinhalten (tabell 8). Någon antydning att högre skörd skulle ge lägre proteinhalt vid begränsad kvävetillgång och vice versa kan inte iakttagas i led A med 120 kg N/ha som kvävegiva. För vidare diskussion om proteinhalter hänvisas till avsnitt 5.4.

Tabell 8. Proteinhalter (% av ts) i kärnskörden av höstvetete i relation till kvävegödslingsintensiteter och gödslingstidpunkter

|            | Led A  | Led B | Led C | Led D |
|------------|--------|-------|-------|-------|
| Logården   | 9,9    | 11,1  | 11,6  | 12,2  |
| Bjertorp   | 11,4   | 12,6  | 12,8  | 13,5  |
| Hökatorp   | 9,3    | 10,3  | 10,7  | 12,8  |
| Kedevad    | 9,2    | 10,8  | 11,5  | 12,8  |
| Stensvad   | 10,2   | 11,8  | 12,0  | 12,1  |
| Tornby     | 9,7    | 11,5  | 10,7  | 11,5  |
| Brunnby    | 9,5    | 10,7  | 12,0  | 12,1  |
| Kumla      | 9,7    | 10,8  | 11,1  | 12,0  |
| L.Vallskog | 12,0   | 12,6  | 12,5  | 12,9  |
| Medeltal   | 10,1   | 11,4  | 11,7  | 12,4  |
| LSD, 5%    | 0,45 % |       |       |       |

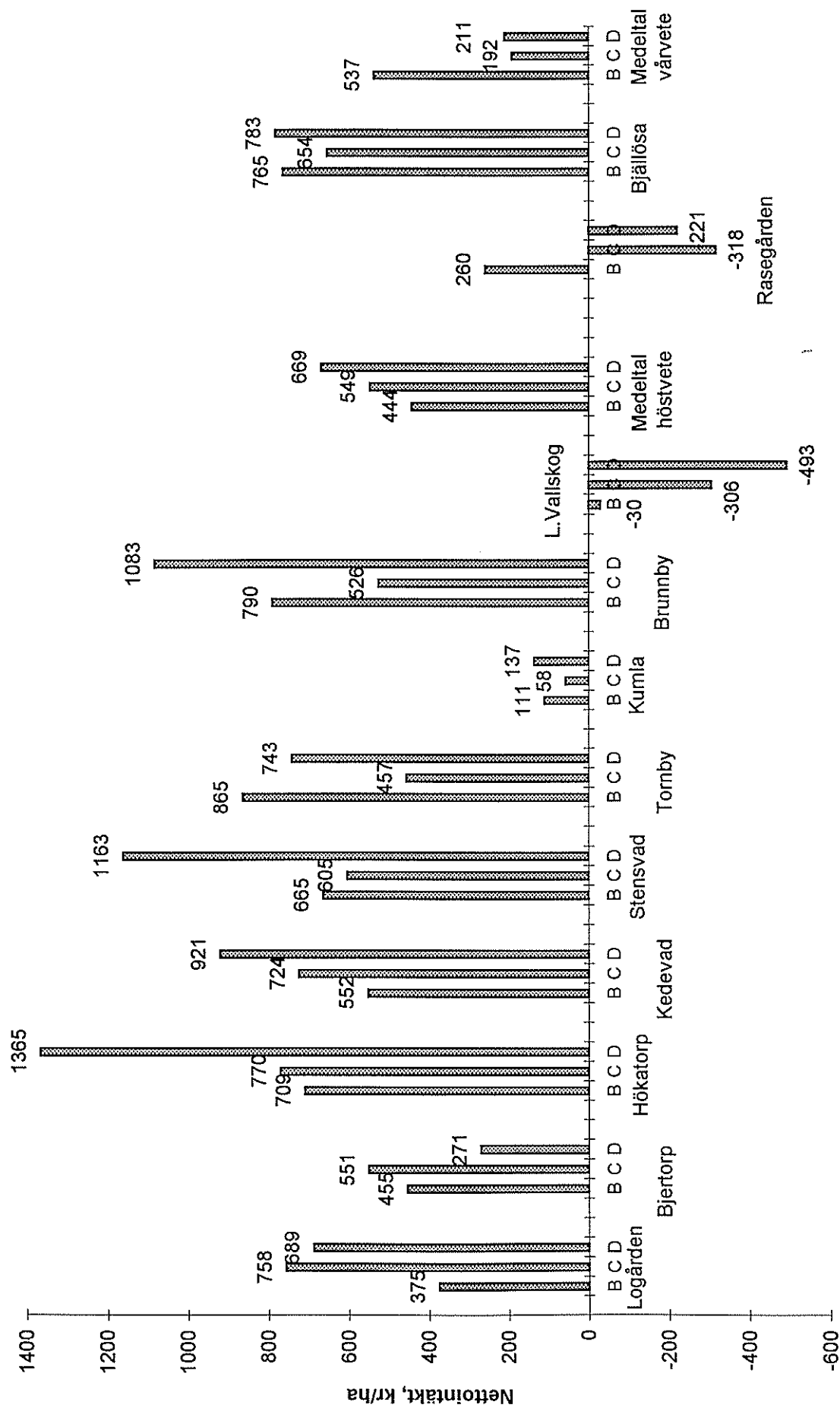
Baskravet för falltal är minst 200 sekunder, dvs den tid det tar för en stav att sjunka en viss sträcka genom ett rör med en vatten- och mjölblandning. Falltalet ger ett mått på den mängd stärkelsenedbrytande enzymer som finns i kärnan. Dessa enzymer bildas då kärnan gror och medför att stärkelsens vattenbindande förmåga vid bakningerna försämras med följd att degen blir kladdig. Ett högt falltal indikerar låg enzymaktivitet medan ett lågt falltal betyder att säden börjat gro. I försöken var falltalen omkring 350 sekunder, en bra bit över baskravet.

Rymdvikten var över 800 gram/liter hos allt höstvetete. Baskravet är 780 g/l. Hos vårvetet låg värdena något lägre, och led A i försöket på Bjällösa klarade inte rymdviktskravet för vårvetet på 770 g/l. En hög rymdsvikt innebär att kärnorna är väl matade, och att mjölnutbytet blir stort vid malningen.

## 5.4 Ekonomi

I höstveteförsöken ledde kompletteringsgödslingen i stadium 32 i medeltal till en nettointäkt på närmare 450 kr/ha, utan hänsyn till körkostnader och körskador. Gödsling i stadium 45 gav ca 550 kr och gödsling vid båda tidpunkterna ca 670 kr/ha i nettointäkt. Variationen mellan försöken var dock stor. I försöken i Väster- och Östergötland betalade sig kvävekostnaden i samtliga fall (figur 5). I försöken i Mälardalen blev det ekonomiska nettot av gödslingen svagt positivt på Kumla och negativt på L.Vallskog. För vårvetet gav försöket på Rasegården negativt resultat och på Bjällösa positivt.

Figur 5 belyser hur ointressanta medelvärden för alla försöken tillsammans är. Alla försöksplatser skilde sig åt. I de olika försöken var det troligtvis skilda faktorer som bidrog till nettointäkten. På försöksplatserna i Mälardalen var skördenivåerna relativt sett låga. På Kumla fanns mycket ogräs som kan ha spelat stor roll. Härtill kommer som nämnts svampangrepp. Eventuellt kan en torrperiod efter kompletteringsgödslingarna ha bidragit till sämre kväveutnyttjande (tabell 7). Höga grundskördar, nära biologiskt optimum, kan medföra att en tilläggsgödsling får begränsad effekt (Bjertorp). Samma gäller en god förfrukt (Rasegården). I vissa fall kan ökad proteinhalt vara den största orsaken till ett högre netto (Bjällösa). I de flesta fallen är troligtvis en ökad nettointäkt en följd av både skördeökning och högre proteinhalt (Hökatorp).



Figur 5. Inverkan av kompletteringsgödslingar med kväve på nettointäkten av skörden, med proteinbetaling och avdrag för gödselkostnad, i led B, C och D i förhållande till led A på de olika försöksplatserna.

Medeltalet för proteinhalten i kärnan för samtliga höstveteförsök och alla led uppgick till 11,4% av ts (tabell 8). I försöken i Mälardalen, där skördarna blev låga, var proteinhalterna på samma nivå som i de andra försöken. På L.Vallskog erhöles i medeltal 12,5 % vilket ger en antydning om god kvävetillgång även utan tilläggs-gödsling. Egentligen fanns där inga skillnader i avkastning till följd av liggsädes-bildning. Eftersom även grundledet hade bra proteinhalt blev det ekonomiska nettot för tilläggsgödslingen negativt (figur 5). En liknande bild kan ses på Kumla. Även där var proteinhalten något över medeltalet totalt sett (11,5%), men där fanns tydligare skillnader i avkastningen. Denna var relativt låg och kväveutnyttjandet blev därför dåligt. Eftersom grundledet hade så låg proteinhalt blev dock nettointäkten större än på L.Vallskog och höll sig över nollgränsen (samma nettointäkt som i led A). Körningen vid gödslingen betalade sig dock inte på Kumla.

Särskilt hög avkastning kombinerad med höga proteinhalter kan iakttas i vårvetet på Rasegården och höstvetet på Bjertorp. På Rasegården är förklaringen enkel. Förfrukten var vitkål. Marken torde därför ha innehållit relativt stora mängder växttillgängligt kväve både på våren och under växtsäsongen.

Det bästa ekonomiska nettoresultatet erhöles på Hökatorp i Västergötland (figur 5). Detta beror troligtvis på att grödan svarat bra på tilläggsgödslingen och gett stora skördeökningar. Dessa i kombination med en svag proteinhalt i grundledet och bra sådan i det dubbelgödslade ledet ledde till en nettointäkt på ca 1400 kr. Även de båda led som gödslats med enbart 40 kg kväve gav ett bra nettoresultat trots att spannmålen i de båda fallen inte uppnådde kvalitetskraven för kontrakterad brödspannmål.

Resultaten visar att nettointäkten av tilläggsgödsling på ett mycket komplext sätt påverkas av grödans egenskaper i följande avseenden:

- Grundskördens storlek, dvs. skördeeffekten av den första kvävegivan.
- Proteinhaltsnivå vid grundskörd i relation till tillgången på utnyttjbart jord- och gödselkväve.
- Återstående avkastningspotential som kan utnyttjas genom tilläggsgödsling.
- Återstående proteinhaltspotential som kan utnyttjas beroende på hur avkastningen befrämjas genom tilläggsgödsling. Gynnas i första hand avkastningen, påverkas proteinhalten i mindre grad och vice versa.

#### 5.4.1 Krav på proteinhalt

Led D som tilläggsgödslats med 40+40 kg kväve per hektar klarade kvalitetskraven med avseende på protein i alla försök (tabell 8). I led A uppfylldes kravet på protein enbart på L.Vallskog. Där var avkastningen låg och gödslingen troligtvis överoptimal. Eftersom stallgödsel används på gården fanns genom ökad kvävemineralisering antagligen mer kväve tillgängligt för proteinbildning under senare delen av tillväxt-perioden än på gårdar utan djurhållning. I led B, 40 kg kväve per hektar tidigt, klarades kvalitetskravet på 11,5 % protein i kärnan i 4 av 9 fall. I led C, gödslat med 40 kg kväve per hektar sent, uppfylldes proteinkravet i 6 försök av 9. Resultatet bekräftar andra forskares erfarenheter (t.ex. Mattsson & Anderson, 1983) att ju senare tilläggsgödslingen genomförs, desto större blir inlagringen av protein i kärnan.

Vad gäller medelavkastningen för försöken fanns ingen signifikant skillnad mellan skördarna i led B och C. Det rädde inte heller någon signifikant skillnad i proteinhalt.

Denna ökade dock från i medeltal 11,4 i led B till 11,7 % i led C. Den tidiga givan gav 60 kg mer spannmål per hektar än den sena (tabell 6a och b). Led D klarade som tidigare nämnts proteinkravet med god marginal i samtliga fall, och avkastningen låg också högre än i de led som gödslats med 40 kg. Den ökade gödselkostnaden i led D översteg dock i ett par fall merintäkten (figur 5) så att de lägre givorna var mer lönsamma trots att de gav lägre avkastning och sämre proteinhalt. På Bjertorp gav den sena givan något sämre skörd. Kvävegödslingen var troligtvis överoptimal.

#### 5.4.2 Körkostnad och körskador

Kostnaden för körning vid tilläggsgödsling samt kostnaden för de körskador som uppkommer i en växande gröda måste beaktas i detta sammanhang. Dessa kostnader har inte tagits med i diagrammet för nettointäkten (figur 5) på grund av att de varierar från fall till fall. Körskadornas omfattning beror av om man använder standardhjul eller radodlingshjul vid gödslingen, samt vilken typ av gödselspridare man har. Spridningsbredden (12 eller 24 meter) inverkar också. Den senare påverkar dessutom körkostnaden såtillvida, att man hinner köra över större arealer per tidsenhet med en bredare spridare. Med avseende på dessa faktorer överlämnas till läsaren att bedöma om tilläggsgivorna i verkligheten varit lönsamma eller ej. Uppskattas körkostnaden per hektar enligt maskinstationstaxa (Clason, 1996) till 400 kr/h, och att man hinner köra 5 ha/h med en 12 meters spridare vid en låg kvävegiva, blir körkostnaden 80 kr/ha. På motsvarande sätt blir hektarkostnaden ca 50 kronor för en 24 meters spridare, med kapacitet att köra 8 hektar på en timme.

Kostnaden för körskadorna är inte helt försumbar. Körning i stadium 31 enligt Zadoks et al. (1974) med standardhjul, utan stråskiljare och utan fasta körspår, anses ge en körskada motsvarande 0,5 % av avkastningen i höstvet och 1,3 % i vårvete (Folkesson, 1992). I stadium 61 (dvs. senare än för nämnda givor i försöken) uppgår skadorna enligt samma källa till 1,5 % i höstvet och 2,2 % i vårvete. I led B, gödslt i st 32, blir kostnaden för körskadorna beräknade som för stadium 31:  $0,5 \% \cdot 7290 \text{ kg} = 36 \text{ kg spannmål med } 11,4 \% \text{ protein}$ . Skördevärdet motsvarar  $36 \text{ kg} \cdot 1,075 - 1 \% \text{ proteinavdrag} = 38 \text{ kr/ha}$ . Vid spridning i sent stadium hos grödan (led C) skulle körskadorna kosta  $108 \text{ kg/ha} \cdot 1,095 \text{ kr/kg} = 118 \text{ kr/ha}$ . Således varierar kostnaderna mycket beroende på val av bland annat spridningstid och maskiner. Grovt räknat torde körningen och skadorna i försöken ha kostat mellan 120 och 200 kr/ha vid användning av en 12 meters spridare. Detta betyder att kompletteringsgödslingarna inte lönade sig på Rasegården, Kumla och L. Vallskog (figur 5).

#### 5.5 Växt- och jordanalys

Växt- och jordanalys genomfördes i stadium 32 och stadium 45. I det första stadiet undersöktes endast led A och i det senare led A och led B. I led B genomfördes jordprovtagning endast i Mälardalen. I tabell 9 visas markens mineralkväveförråd tidigt på våren och vid tidpunkten för provtagning i stadium 32 och 45. Det var ganska små mängder tidigt på våren utom i försöket på L. Vallskog. Vid provtagningen i stadium 32 fanns generellt inte mer mineralkväve än tidigt på våren, vilket tyder på att gödselkvävet helt tagits upp och/eller delvis förlorats. Undantag var Bjertorp och L. Vallskog med högre värden. På Bjertorp kan det ifrågasättas om det onormalt höga analysvärdet var riktigt.

Tabell 9. Jordens innehåll av mineralkväve (ammonium- och nitratkväve, 0-60 cm) i kg N/ha vid olika provtagningstidpunkter

| Försöksplats          | April | Stadium 32<br>Led A | Stadium 45<br>Led A |
|-----------------------|-------|---------------------|---------------------|
| Logården              | 17    | 11                  | 13                  |
| Bjertorp              | 21    | 257                 | 72                  |
| Hökatorp              | -     | 14                  | 7                   |
| Tornby                | 30    | 32                  | 21                  |
| Kedevad               | 27    | 24                  | 22                  |
| Stensvad              | 29    | 26                  | 13                  |
| Brunnby               | 20    | 27                  | 15                  |
| Kumla                 | 27    | 24                  | 29                  |
| L.Vallskog            | 69    | 90                  | 55                  |
| Bjällösa <sup>2</sup> | 39    | 49                  | -                   |
| Medeltal              | 31    | 33 <sup>1</sup>     | 27                  |

<sup>1</sup> Bjertorp ej medräknat

<sup>2</sup> Vårvete

- Ej provtaget

I stadium 32 tydde analyserna på att alla försöksplatser utom Bjertorp och L.Vallskog behövde tilläggsgödslas med kväve. Tidigt på våren hade försöken gödslats så att 120 kg kväve tillförts per hektar. I tabell 10 redogörs för hur mycket kväve som fanns i grödans ovanjordiska delar vid provtagningstillfället. I flera försök motsvarade kväveinnehållet i grödan i princip den mängd kväve som tillförts, ej medräknat det kväve som fanns i rötterna vid provtagningstidpunkten. På Kumla var kväveinnehållet i de ovanjordiska delarna större än den i april tillförda mängden kväve.

Tabell 10. Resultatet av växt- och jordanalys i led A vid första provtagningstillfället, stadium 32

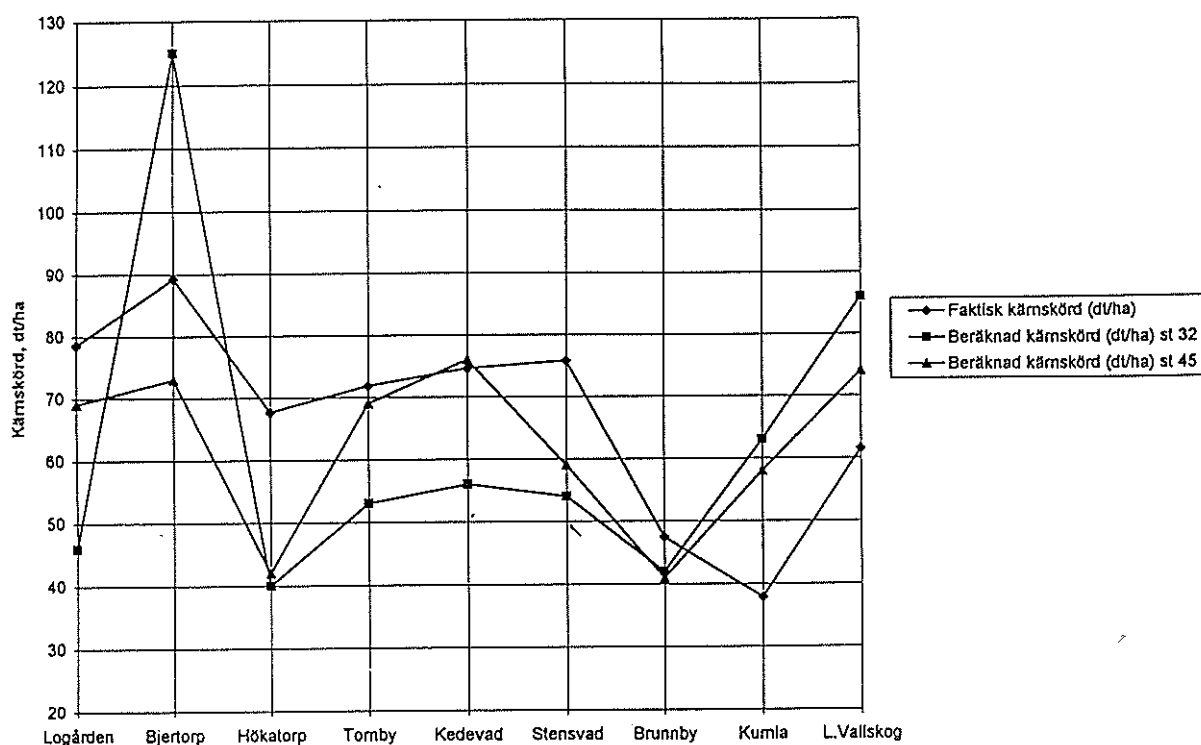
| Försöksplats          | Verkligt<br>utv.-<br>stadium | Tillväxt<br>dt ts/ha | N-halt<br>%<br>av ts | N-upptag <sup>1</sup><br>kg/ha | Beräknad<br>kärnskörd<br>dt/ha med<br>12 % rp <sup>2</sup> | Gödslings-<br>rekommenda-<br>tion<br>kg N/ha |
|-----------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Logården              | 32                           | 43,4                 | 2,6                  | 113                            | 46                                                         | > 60                                         |
| Bjertorp              | 32                           | 28,7                 | 3,0                  | 86                             | 125                                                        | överskott                                    |
| Hökatorp              | 31                           | 32,8                 | 2,4                  | 79                             | 40                                                         | >60                                          |
| Tornby                | 31                           | 22,4                 | 4,2                  | 94                             | 53                                                         | >60                                          |
| Kedevad               | 31                           | 28,3                 | 3,7                  | 105                            | 56                                                         | >60                                          |
| Stensvad              | 31                           | 27,1                 | 4,0                  | 108                            | 54                                                         | 60                                           |
| Brunnby               | 37                           | 30,2                 | 2,5                  | 76                             | 42                                                         | >50                                          |
| Kumla                 | 37                           | 50,7                 | 2,9                  | 147                            | 63                                                         | 30                                           |
| L.Vallskog            | 37                           | 25,0                 | 3,6                  | 91                             | 86                                                         | överskott                                    |
| Medeltal              |                              | 32,0                 | 3,2                  | 100                            | 63                                                         |                                              |
| Bjällösa <sup>3</sup> | 37                           | 17,1                 | 3,3                  | 56                             | 50                                                         | 30                                           |

<sup>1</sup> kväveupptag i ovanjordiska växtdelar

<sup>2</sup> rp = råprotein

<sup>3</sup> Vårvete, beräknad kärnskörd avser 13 % rp

I utvärderingen av växt- och jordanalysmetoden har det i de flesta fall räknats med en kärnskörd motsvarande sju ton per hektar som underlag för gödslingsrekommendationerna. Dessa skördenivåer stämmer dock inte med de faktiska (figur 6). Ingen svavelbrist registrerades i försöken.



Figur 6. Faktisk kärnskörd och beräknad kärnskörd efter växtanalys i utvecklingsstadium 32 och 45 i led A.

Behovet av kompletteringsgödsling är beräknat enligt kvävebudgetmodellen (se avsnitt 3.3.1.) som med utgångspunkt från den beräknade skörden tar hänsyn till mineralkvävemängden i marken på våren, mineraliseringen under växtsäsongen, förfrukt och stallgödselansvändning, utvecklingsstadium, provtagningstidpunkt m.m.

Det faktiska behovet av kompletteringsgödsling stämde ganska bra överens med de rekommendationer som växt- och jordanalysen gav i stadium 32. På Bjertorp och Kumla avvek dock rekommendationen från det verkliga behovet. På Bjertorp angavs ett stort överskott på kväve vilket i praktiken inte var fallet. Det hade dock lönat sig att lägga på ytterligare 40 kg kväve. Felet orsakades av det stora mineralkväveförrådet vid stadium 32. Detta beror i det här fallet inte på analysmetoden utan på den mänskliga faktorn då försöket gödslades före provtagningen (tabell 9). Visserligen var skördenivåerna höga på Bjertorp men en förväntad skörd på över 12 ton per hektar med en kvävegiva på 120 kg N/ha är normalt orimlig. På Kumla var behovet av kompletteringsgödsling enligt metoden 30 kg/ha. Det var en underskattning i jämförelse med verkligheten. Det var endast i led D, gödslat med totalt 80 kg kväve, som kravet på proteinhalt uppfylldes.

Även i stadium 45 baserades gödslingsrekommendationerna på en avkastningsnivå på sju ton per hektar. Det är intressant att se hur underlaget för gödslingsrekommendationerna har förändrat dessa med tiden (tabell 10 och 11). Led A kompletteringsgödslades inte. Ju äldre grödan blev desto lägre blev kväveinnehållet i % av torrsubstansen (tabell 10 och 11). I medeltal ökade dock kväveinnehållet i grödan i led A från 100 kg/ha i stadium 32 till 137 kg/ha i stadium 45. I tabell 9 kan man se att

mängden mineralkväve i jorden i de flesta fall minskade från stadium 32 till 45. Den förändring som skett i rekommendationerna på basis av endast grundgödsling (120 kg N/ha) bör därför vara en följd av ett minskat kvävebehov på grund av mineralisering av kväve under växtsäsongen, samt beräkningsmodellens uppbyggnad. Man kan tänka sig att modellen tar hänsyn till att kvävebehovet är bättre täckt om kväveinnehållet i grödan är stort i ett senare utvecklingsstadium. Med tanke på hur tätt provtagnings-tillfällena låg i tiden, ca 2 veckor, skall kanske inte effekten av mineraliseringen överdrivas.

Avkastningsmässigt borde led B haft större tillväxt fram till stadium 45 än led A, på grund av kompletteringsgödslingen med 40 kg N/ha i stadium 32. I flera fall var dock den faktiska ts-tillväxten sämre i led B än i led A (tabell 11). Kvävehalten i växten var dock generellt högre i led B, liksom kväveskörden.

Tabell 11. Resultat av växtanalys i led A och led B vid andra provtagningsstillfället i höstveteförsöken, stadium 45

| Försöks-plats | Verkligt utv.-stadium | Tillväxt dt ts/ha | Tillväxt dt ts/ha | N-halt % av ts | N-halt % av ts | N-upptag kg/ha | N-upptag kg/ha | Beräknad kärnskörd dt/ha 12 % rp <sup>1</sup> | Gödslings-rekommendation kg N/ha |
|---------------|-----------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|
|               |                       | A                 | B                 | A              | B              | A              | B              | A                                             | A                                |
| Logården      | 47                    | 93,2              | 98,1              | 1,9            | 2,0            | 177            | 196            | 69                                            | 0                                |
| Bjertorp      | 45                    | 55,7              | 50,2              | 1,8            | 1,6            | 100            | 80             | 73                                            | litet<br>överskott               |
| Hökatorp      | 51                    | 70,5              | 68,1              | 1,5            | 1,9            | 106            | 129            | 42                                            | >30                              |
| Tornby        | 47                    | 83,3              | 81,5              | 2,0            | 2,4            | 167            | 196            | 69                                            | 5                                |
| Kedevad       | 43                    | 78,1              | 69,3              | 2,4            | 2,5            | 187            | 173            | 76                                            | litet<br>överskott               |
| Stensvad      | 43                    | 69,4              | 69,3              | 2,1            | 2,5            | 146            | 158            | 59                                            | 40                               |
| Brunnby       | 51                    | 48,7              | 71,9              | 1,9            | 2,2            | 92             | 158            | 41                                            | 30                               |
| Kumla         | 53                    | 63,3              | 65,8              | 2,0            | 2,4            | 127            | 158            | 58                                            | >20                              |
| L.Vallskog    | 53                    | 53,9              | 51,5              | 2,4            | 2,4            | 129            | 124            | 74                                            | litet<br>överskott               |
| Medeltal      |                       | 68,5              | 69,5              | 2,0            | 2,2            | 137            | 152            | 62                                            |                                  |

<sup>1</sup> rp = råprotein i kärnan

Frågan är hur bra rekommendationerna i stadium 45 var. I figur 5 som visar nettointäkten av olika insatser kan man se vilken gödslingsstrategi som varit den mest lönsamma. På Logården angav växt- och jordanalysmetoden att kvävemängden var tillräcklig för en skörd på 69 dt/ha med 12 % råprotein i kärnan. I själva verket blev skörden drygt 78 dt/ha med 9,9 % råprotein. Det mest ekonomiska alternativet var här att kompletteringsgödsla med 40 kg kväve i stadium 45 (figur 5). På Bjertorp var situationen densamma som på Logården. På Hökatorp var rekommendationen att lägga på mer än 30 kg kväve per hektar. Inte ens 40 kg i stadium 45 hade emellertid räckt för att nå upp till proteinkravet på 11,5 %. Även rekommendationen på Tornby (5 kg N/ha som tilläggsgödsling i stadium 45) blev felaktig. Där hade ytterligare kväve behövt tillföras för att tillgodose kraven. Metoden indikerade ett måttligt kväveöverskott på Kedevad. Den bästa lönsamheten uppnåddes vid två delade givor (led D). I försöket på Kumla skulle det ha behövts ytterligare kväve utöver det som rekommenderades. Växt- och jordanalysmetoden gav riktiga råd endast på Stensvad, Brunnby och L.Vallskog, det vill säga i en tredjedel av fallen. Troligtvis är de felaktiga rekommendationerna en följd av att man med metoden inte klarar att i förväg bedöma den verkliga avkastningsnivån och därmed det faktiska kvävebehovet (figur 6).

Hur tillförlitlig metoden i sig själv är kunde inte bedömas på grund av för få analyser per provplats. Således kunde inte variationen i mätvärdena bedömas. Dubbelprover av jordprov för mineralkvävebestämning analyserades dock och där blev variationen i analysvärdena som följer (tabell 12):

Tabell 12. Medeltal för mineralkväveinnehållet i jorden (0-60 cm) i stadium 32, samt medeltal av standardavvikelser och medeltal av variationskoefficienter

| Djup<br>cm | Medeltal<br>kg N/ha | Standard-<br>avvikelse<br>kg N/ha | Variations-<br>koefficient<br>% | Antal försök |
|------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------|
| 0-30       | 16,4                | 3,3                               | 21,1                            | 7            |
| 30-60      | 17,0                | 4,4                               | 22,5                            | 9            |

Standardavvikelseerna och variationskoefficienterna i tabell 12 visar att mineralkväveförråden vid analys av dubbelprover blev av någorlunda samma storlek, både i matjord och alv. I stadium 45 analyserades inte dubbelproverna var för sig, utan som sammanslagna jordprov. Detta resulterade i att metodens säkerhet inte gick att bedöma vid detta provtagningstillfälle. Tabell 12 visar emellertid att medeltalet för jordprovets variationskoefficienter var drygt 20 %. Det måste anses som ett relativt sett otillfredsställande resultat, om mineralkväveförråden är stora. Att jordproven uppvisar skillnader motsvarande 20 % när de är uttagna precis bredvid varandra betyder antingen att kväveinnehållet i marken varierar kraftigt inom små avstånd, eller att metoden som sådan (provtagning och analys tillsammans) är osäker. Detta spelar naturligtvis mindre roll där mineralkvävevärdena är små, t.ex. mindre än 30 kg N/ha, men rekommendationerna kan påverkas ganska starkt vid större mängder såsom på L. Vallskog i stadium 32 (tabell 9).

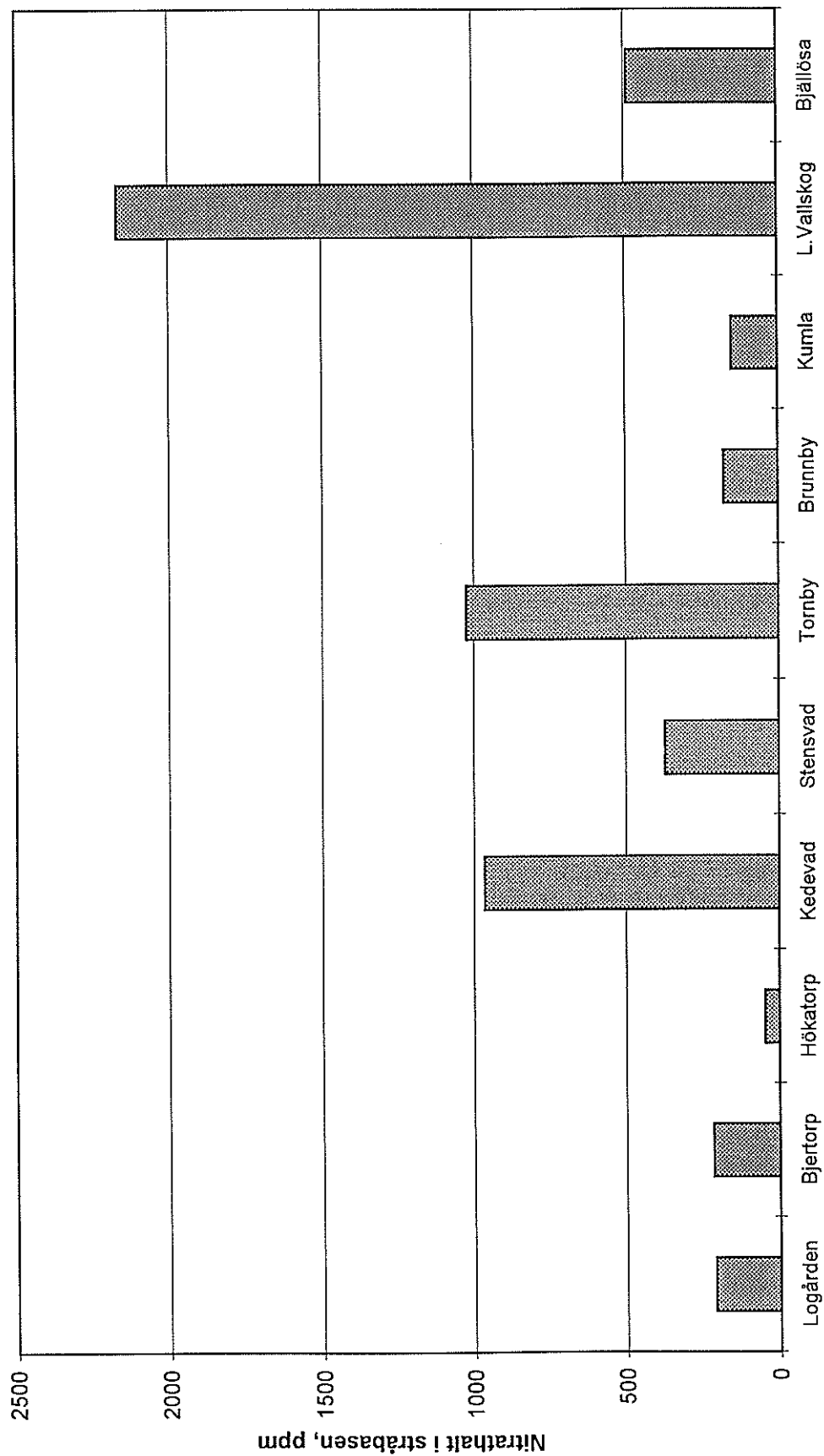
## 5.6 Nitratmätare

Enligt danska studier på 1980-talet (Østergaard, 1988, 1989) bör nitrathalten i höstveten vara omkring 2000 ppm i utvecklingsstadium 32 för optimal avkastning. Likaså bedöms det optimalt med en halt på ca 1000 ppm i stadium 45. Pettersson (1998, pers. medd.) anger att nitrathalten behöver hållas ganska långt över 500 ppm under hela blomningsfasen för att man skall ha en god chans att uppnå 11,5 % råprotein i kärnan.

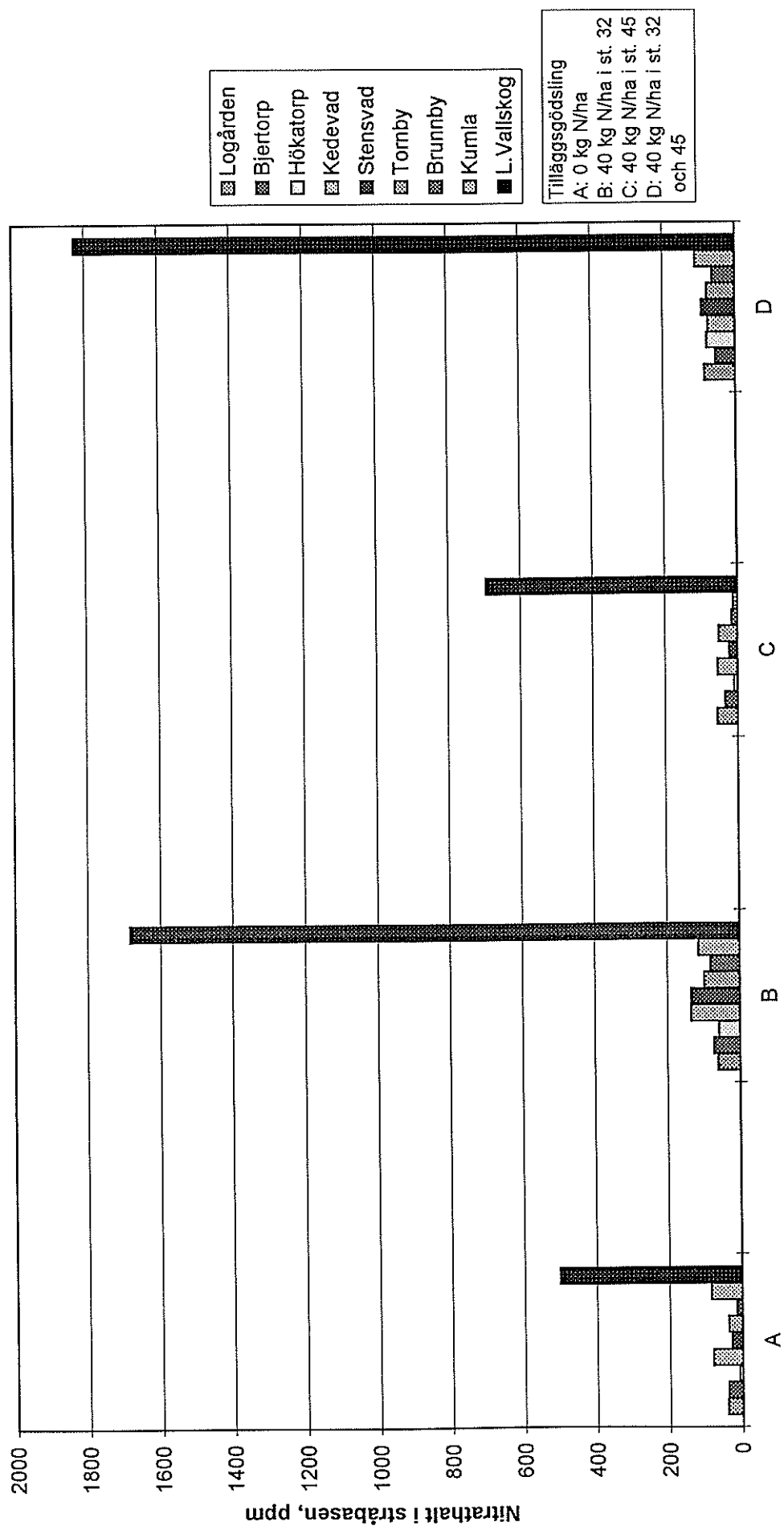
Av försöken var det endast på L. Vallskog som mätningarna med nitratsticka uppvisade så höga nitrathalter som i dessa tre nivåer under stadierna i fråga (figur 7a-c). I de övriga försöken låg halterna redan i stadium 32 långt under gränsen för vad som anses optimalt. På Kedevad och Tornby befann sig värdena i stadium 45 närmare gränsvärdet. I stadium 45 varierade halterna i försöken från ca 10 till 130 ppm frånsett L. Vallskog (figur 7a och b). Dessa värden skall jämföras med ovan angivet optimalt värde kring 1000 ppm. Man kan se att plantorna i de led som gödslats i stadium 32, led B och D, hade högre nitrathalt än i dem som inte gödslats (A och C). I stadium 60 blev skillnaderna ännu tydligare (figur 7c), men fortfarande låg värdena i flertalet av försöken under gränsen för vad som vore att föredra (>500 ppm). Förutom L. Vallskog uppvisade bara försöken på Kedevad, Stensvad och Brunnby tillfredsställande tillgång på nitrat i stadium 60 i led D. Där klarades också proteinkravet med

marginal (tabell 8). I led D, som kompletteringsgödslats två gånger, klarade emellertid alla försök proteinkravet trots att nitrastickorna påvisade dålig tillgång på nitrat. Metoden visade mer rätt i det led som inte kompletteringsgödslats alls samt i det som gödslades i stadium 32 (led B). Där var det få försök som klarade proteinkravet.

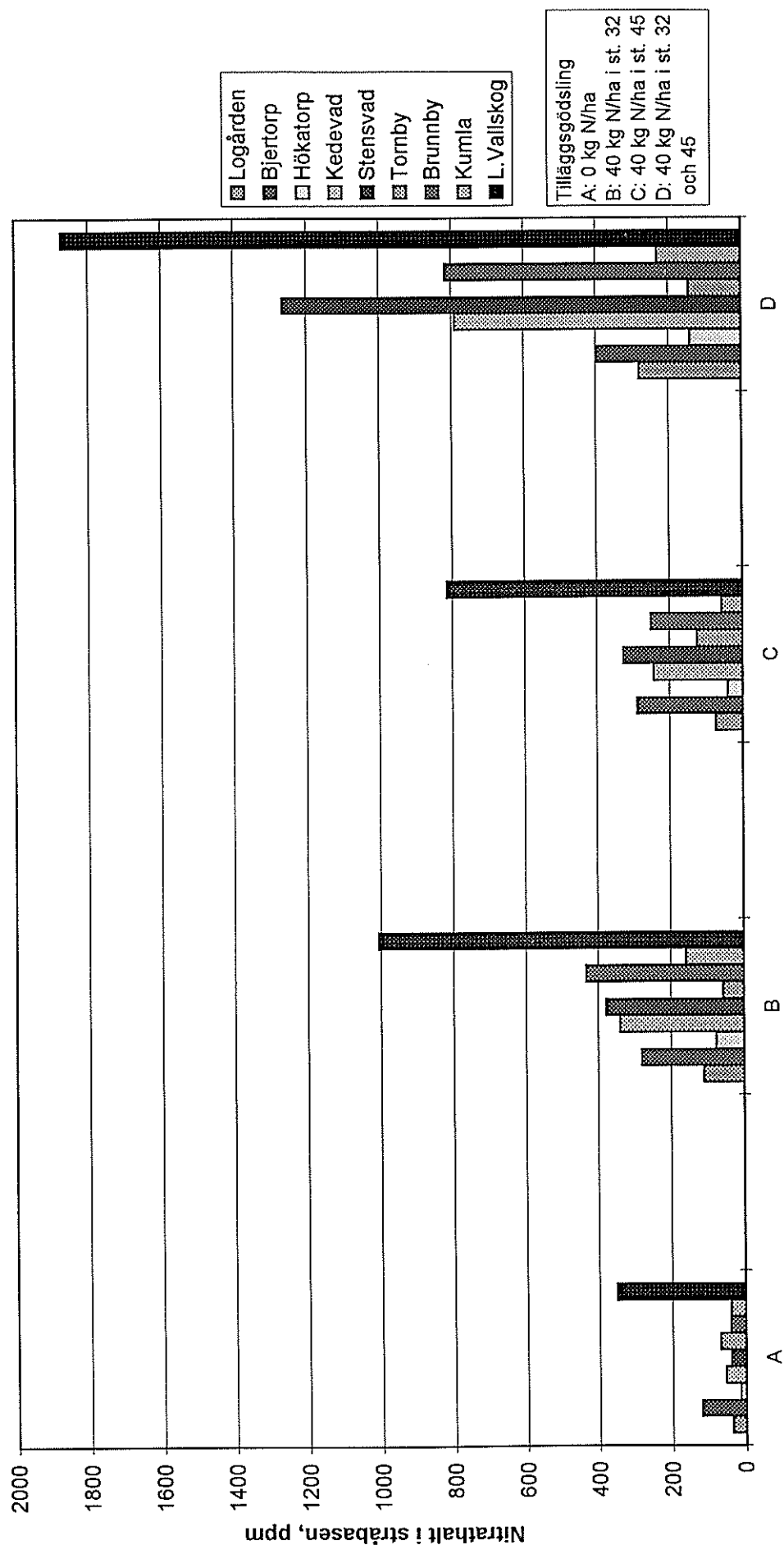
Platserna hade stor betydelse för variationen i nitrathalt, vilket åskådliggörs i figurerna med nitrathalter uppmätta i de olika utvecklingsstadierna (figur 7a-c). Orsaker till variationerna kan t.ex. vara torka så att gödseln inte hunnit nå rötterna, eller att rötterna hade tillgång till mycket kväve tack vare organiskt kväve i marken som kontinuerligt mineraliserades under växtodlingssäsongen.



Figur 7a. Nitrat halt (ppm) i stråbasen vid mätning i stadium 32, led A utan tilläggsgödsling.



Figur 7b. Nitrathalt (ppm) i stråbasen vid mätning med nitratticka i stadium 45. LSD, 5%: 210 ppm



Figur 7c. Nitrathalt (ppm) i stråbasen vid mätning med nitratsficka i stadium 60. LSD, 5%: 218 ppm

Enligt erfarenheter från användning av nitratstickorna brukar värdena sällan vara så låga som i dessa fall (Pettersson, 1998, pers. medd.). Proteinhalterna blev också generellt låga i det grundgödslade ledet, utom på L.Vallskog, och proteinkraven klarades i samtliga försök bara i led D med två tilläggsgivor. Uppenbarligen fanns det bara i led D och endast delvis i led B och C tillräckligt med kväve tillgängligt för grödan för att klara proteinkravet.

Man kan tänka sig att man kan göra två felbedömningar vid användning av nitratstickor. Det ena fallet är när stickorna skulle visa att det finns tillräckligt med nitrat fast det egentligen inte finns det. Det andra fallet är när stickorna ger ett litet utslag men att det senare visar sig att det funnits tillräckligt med kväve. Den första typen av slutsats är i princip omöjlig att dra om inte analysfel uppkommer. Finns i princip inget nitrat i marken kan heller inte plantan ta upp någonting. Den andra typen av felbedömning är mer realistisk. Det har visat sig att perioder med torka kan ge ett sådant resultat (Pettersson, 1998, pers. medd.). Finns det inte tillräckligt med vatten i marken kan inte nitraten tas upp så lätt av plantan. Man kan givetvis också tänka sig att inte få utslag i de fall där en torkperiod följer efter övergödsling med kväve. Då tar det längre tid för gödselkvävet att nå fram till rötterna och bli tillgängligt, varför färgomslaget på stickorna gödslingen till trots kan visa låga värden. Vidare kan man tänka sig att kvävet till stor del förekommer i ammoniumform i jorden, vilket skulle kunna inträffa till följd av stark torka efter gödsling med ammoniuminnehållande gödselmedel. Torka kan fördröja nitrifikationen (Lindén, 1998, pers. medd.). Då skulle heller inte stickorna ge något tydligt utslag för kvävet.

Det är en svårighet i sig att ta ut representativa prov för mätningar med nitratsticka på ett fält. Huvudskott skall tas ut på flera platser och helst ett flertal prov. På grund av att stickorna avspeglar plantans momentana nitratförsörjning kan variationen inom ett och samma fält tänkas vara stor. Detta kan man också se i försöken där flera prov tagits i samma ruta, eller motsvarande lika behandlade led. Variationskoefficienten för sådana upprepade mätningar, dvs. standardavvikelsen i procent av medelvärdet, kan belysa hur mätningarna varierar (tabell 13).

Tabell 13. Medeltal för nitrathaltsmätningar i olika utvecklingsstadier, samt medeltal av standardavvikelser och medeltal av variationskoefficienter (L.Vallskog ej medräknat). Beräkningarna baseras på 8 mätvärden per led, utom i stadium 32 då de var 4 st., i totalt 8 försök

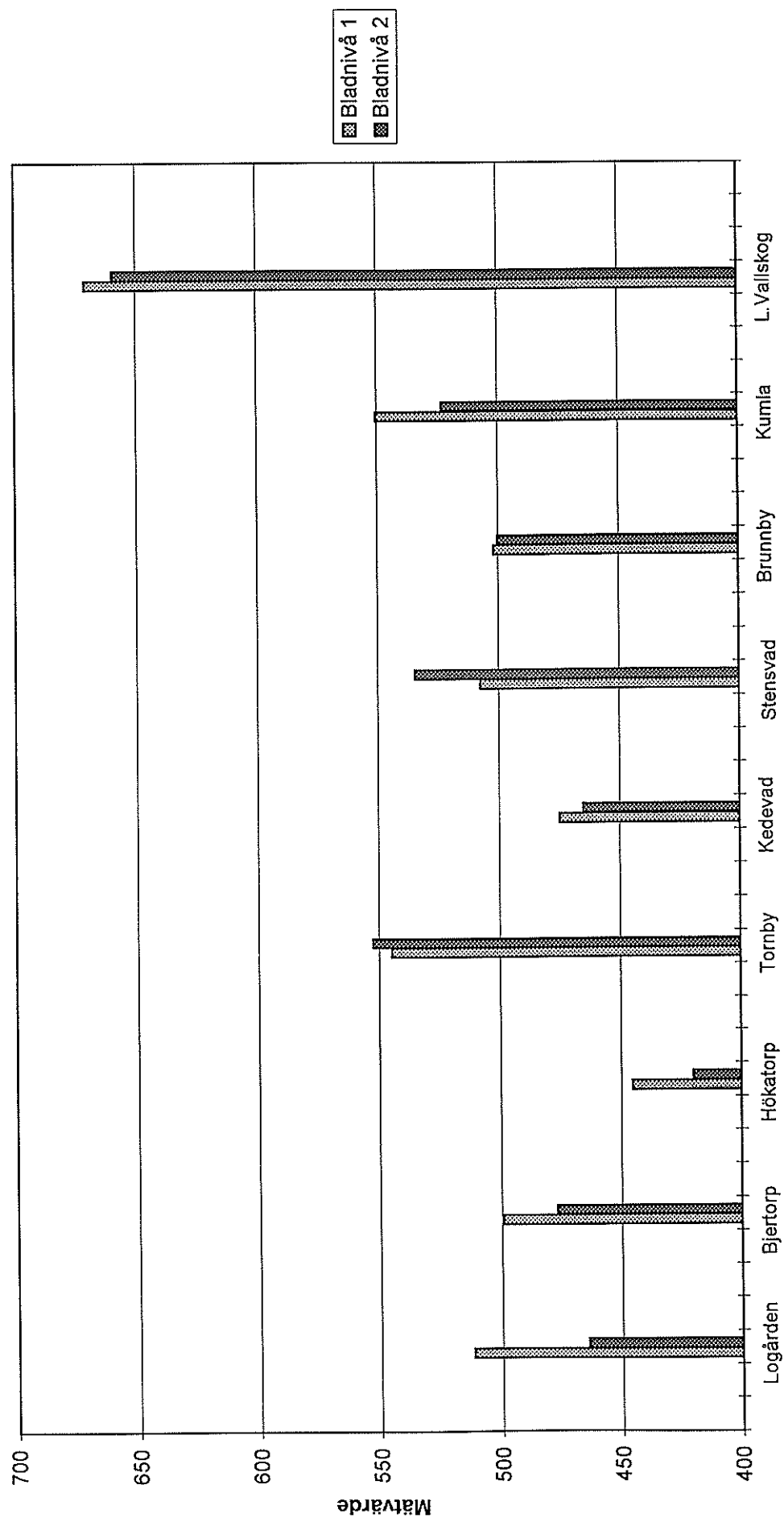
| Provtagnings-<br>tillfälle | Led | Medelvärde<br>ppm | Standard-<br>avvikelse<br>ppm | Variations-<br>koefficient<br>% |
|----------------------------|-----|-------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Stadium 32                 | A   | 406               | 174                           | 55,3                            |
| Stadium 45                 | A   | 43                | 41                            | 64,6                            |
|                            | B   | 107               | 48                            | 44,7                            |
|                            | C   | 33                | 21                            | 52,1                            |
|                            | D   | 94                | 28                            | 33,8                            |
| Stadium 60                 | A   | 52                | 38                            | 83,0                            |
|                            | B   | 229               | 202                           | 65,4                            |
|                            | C   | 175               | 58                            | 34,4                            |
|                            | D   | 508               | 230                           | 37,3                            |

I flera försök blev variationskoefficienten mer än hundra procent i något led. Det tyder på att metoden som sådan är mycket osäker. Man kan dock inte förkasta den helt. I nästan samtliga försök fanns statistiskt signifikanta skillnader i mätvärdena mellan de olika leden i stadium 45. I stadium 60 fanns statistiskt signifikanta skillnader i alla försök. Det finns således en tydlig indikation på att större kväveförekomst ger upphov till högre nitratkoncentrationer i växtens kärldrängar. I dessa försök användes en Nitrathek för analys, vilken ger ett absolut värde på nitratkoncentrationen i växtsaften. Dessa försök ger emellertid en anvisning om att metoden är för grov, alternativt för känslig, för att kunna användas för finjustering av kvävestyrningen. I praktisk odling spelar det kanske inte så stor roll hur stort eller litet mätvärdet är, om det fattas 25 eller 30 kg kväve per hektar för grödan. Vad metoden kan visa är att det finns tillräckligt med kväve för tillfället eller att grödan för stunden inte tar upp tillräckligt med nitrat. Om färgomslaget sker snabbt behöver man inte vidta någon åtgärd. Finns alltför lite nitrat, måste man fråga sig om grödan behöver mer kväve eller om den troligaste orsaken är torka eller något annat.

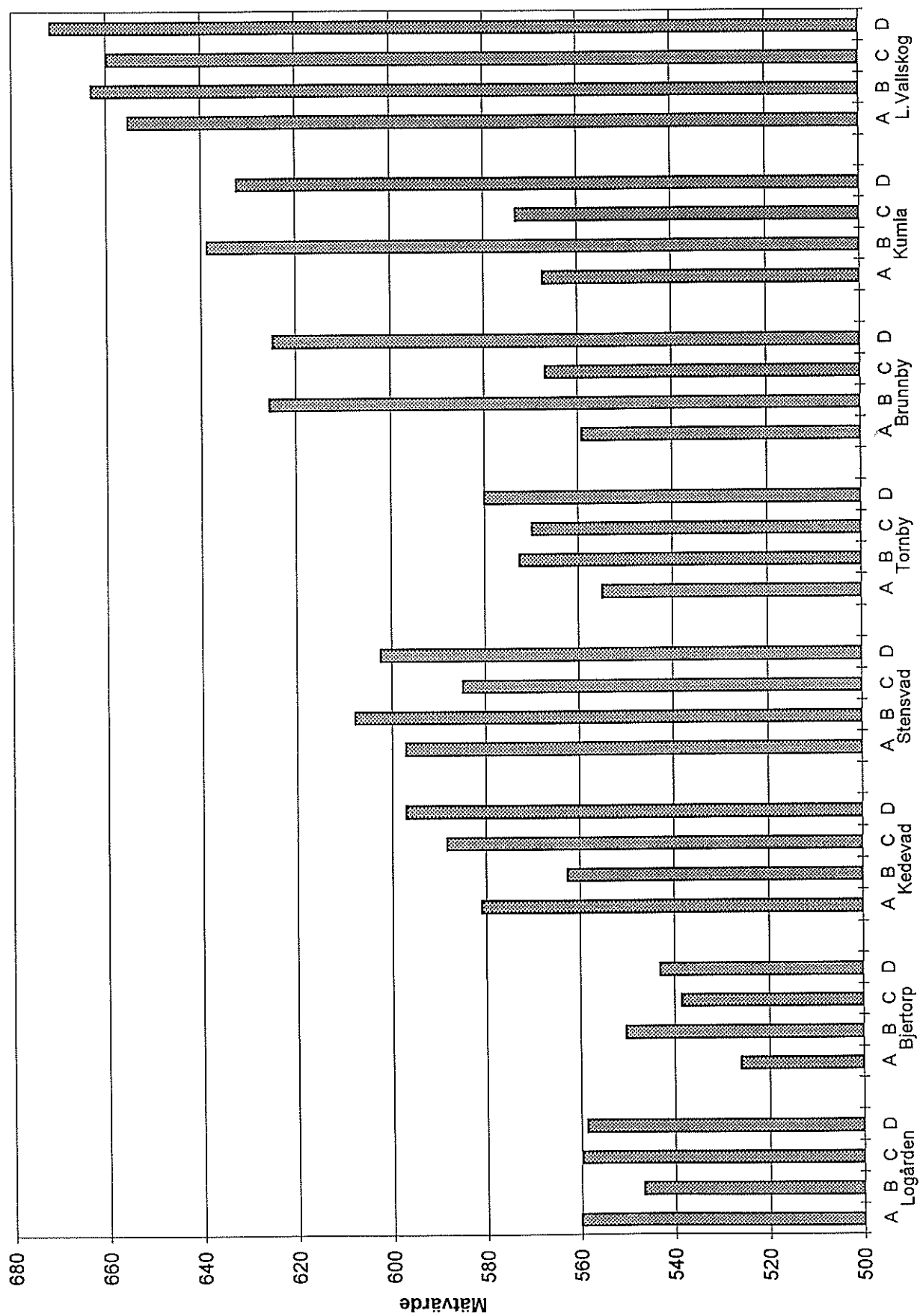
### 5.7 Kalksalpetermätare

Skilda vetesorter ger olika färgvärden vid mätning med kalksalpetermätaren, varför kalibrering måste ske för varje enskild sort (Hydro Agri, 1997). För 1997 angav Hydro Agri färgvärdet 590 som gränsvärde för Kosack höstvetes som brödsäd. Vid lägre värden än detta gränsvärde rekommenderades kompletteringsgödsling med kväve. Enligt Hydro Agri (1997) är korrelationen mellan mätvärde och effekt av ytterligare kväve bäst vid mätning i utvecklingsstadium 37-47 på plantans näst yngsta blad (bladnivå 2 i denna undersökning). I de här redovisade, egna försöken utfördes emellertid mätning på både bladnivå 1 och 2 i stadium 32 och 45.

I stadium 32 befann sig mätvärdena i samtliga försök utom på L.Vallskog under gränsvärdet för kompletteringsgödsling (figur 8a). Mätvärdena var generellt sett högre på bladnivå 1 än bladnivå 2. I stadium 45 överensstämde mätarens svar med det verkliga behovet av kompletteringsgödsling endast i två försök (figur 8b). Detta var på Logården och på L.Vallskog. På Logården behövdes det gödslas i samtliga led vilket senare visade sig vara riktigt. På L.Vallskog angav kalksalpetermätaren att kvävetillgången var tillräcklig och så var också fallet. När det gäller de andra försöken gav mätaren i ett eller flera led upphov till felaktig rekommendation. Det vanligaste felet var att mätaren signalerade värden över gränsvärdet i led som senare inte klarade kravet på 11,5 % råprotein i kärnan. Resultaten tyder på att gränsvärdet var satt för lågt under säsongen 1997. Hydro Agris erfarenheter från 1997 var liknande, varför de inför säsongen 1998 höjer gränsvärdet från 590 till 620 för höstvetes Kosack som brödsäd (Kjellquist, 1998, pers. medd.).



Figur 8a. Mätning med Hydro Agris Kalksalpetermätare på bladnivå 1 och 2 i led A i stadium 32.



Figur 8b. Mätning med Hydro Agris Kalksalpetermätare i led A-D på bladnivå 1 i stadium 45. LSD, 5%: 26

Metoden ger relativt sett säkra mätvärden, vilket framgår av en jämförelse mellan upprepade mätningar i samma behandlingar (tabell 14). Standardavvikelseerna uppgick till omkring 3-4 % av medelvärdena (mätvärdet är dock ett medelvärde från 30 mätningar). Detta innebär att mätvärdena inte varierade särskilt mycket inom en och samma behandling. Men värdena varierade inte heller så mycket mellan behandlingarna i de enskilda försöken. Endast på Kumla och Brunnby erhöles statistiskt signifikanta skillnader mellan utslagen för de olika behandlingarna. Om resultaten från de olika försöken slås ihop till medeltal för hela försöksserien erhålls signifikanta skillnader mellan mätningarna bara för led A och led D på bladnivå 1. Skillnaderna suddades ut vid medeltalsbildning med avseende på mätningarna på bladnivå 2.

Tabell 14. Medelvärden av mätningarna med kalksalpetermätare, samt medeltal för standardavvikelser och medeltal för variationskoefficienter. Mätningarna gjordes i stadium 32 och 45 med 4 mätvärden per led i 8 försök

| Provtagnings-<br>tillfälle | Bladnivå och<br>behandling | Medelvärde | Standard-<br>avvikelse | Variations-<br>koefficient<br>% |
|----------------------------|----------------------------|------------|------------------------|---------------------------------|
| Stadium 32                 | 1A                         | 523        | 13                     | 2,5                             |
|                            | 2A                         | 511        | 17                     | 3,4                             |
| Stadium 45                 | 1A                         | 575        | 21                     | 3,6                             |
|                            | 1B                         | 596        | 21                     | 3,5                             |
|                            | 1C                         | 580        | 15                     | 2,6                             |
|                            | 1D                         | 601        | 17                     | 2,8                             |
|                            | 2A                         | 573        | 30                     | 5,1                             |
|                            | 2B                         | 581        | 19                     | 3,3                             |
|                            | 2C                         | 593        | 14                     | 2,4                             |
|                            | 2D                         | 579        | 24                     | 4,2                             |

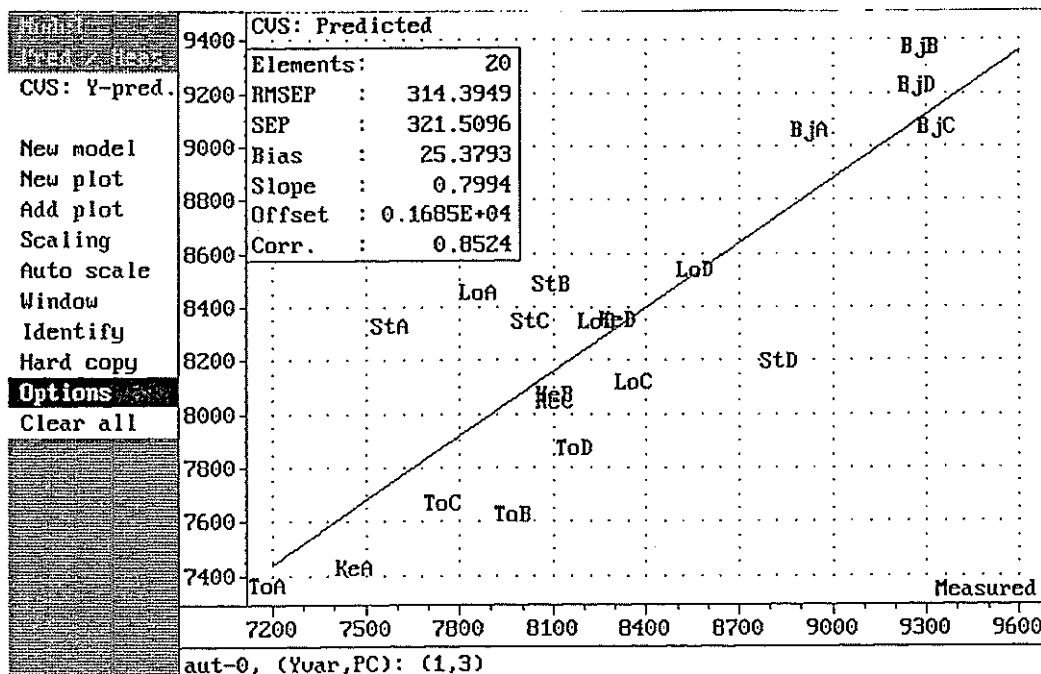
## 5.8 Cropscan

Cropscandata skilde sig åt mellan provtagningsplatserna. Utvärderingen genomfördes med PCA/PLS-analys (Wold, 1989; Börjesson, 1998, pers. medd.). Datamaterialet förbehandlades genom att dela mätvärdena med standardavvikelsen för variabeln. Dataförbehandling såsom derivering eller normalisering gav inte bättre resultat. Vid relatering av Cropscanmätvärdena till ts-tillväxten (grödprovtagning vid växtanalysen) vid utvecklingsstadium 32 erhöles inga samband alls. För få mätvärden kan vara en orsak. I stadium 45 gav cropscandata ett medelfel på ca 1000 kg ts/ha. Sambandet var i stadium 45 starkare mellan mätvärdena och ts-produktionen dittills än mellan mätvärdena och kärnskörden vid mognad.

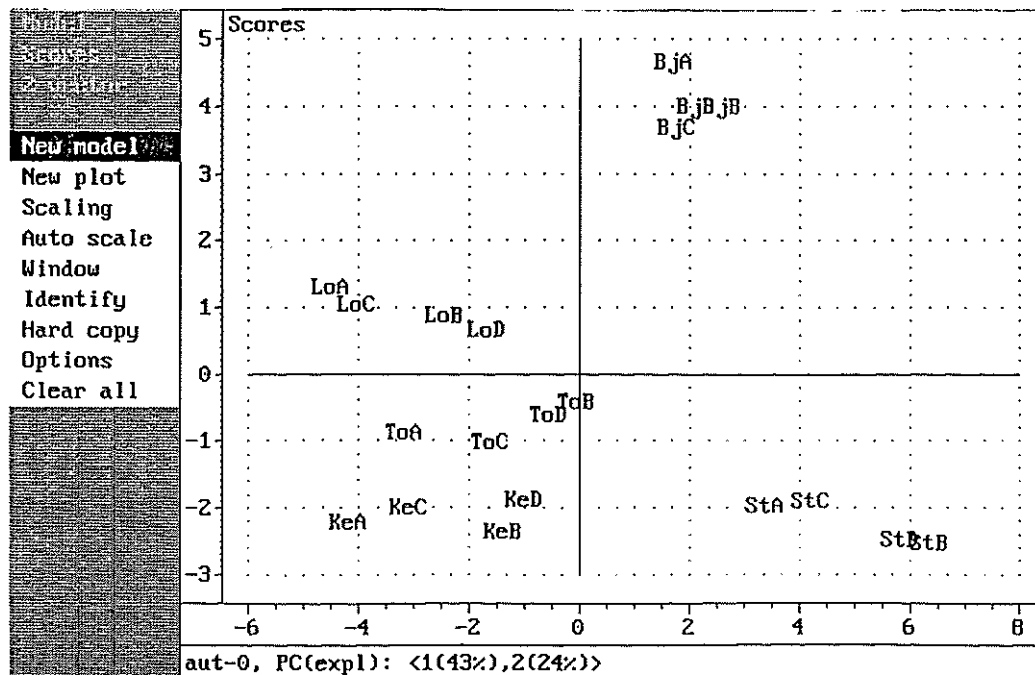
Mätning vid enskilda utvecklingsstadier gav inte möjlighet till bra förutsägelse av kärnskörden. Stadium 60 verkade bäst med ett medelfel på 1000 kg och en förklaringsgrad på ca 65%. Kombinerar man cropscandata från samtliga mättillfällen (stadium 32, 45 och 60) sjönk medelfelet till ca 600 kg, men variationen i kärnskörden förklarades då endast till 45 % av cropscandata. Vid användning av kvoter istället för rådata som ovan erhöles ingen förbättring av resultatet.

Vid användning av medeltal av cropscandata i stället för rådata från stadium 45 eller 60 blev medelfelet ca 500 kg. Vid kombination av samtliga mättillfällen sjönk medelfelet till 300 kg (figur 9a och b). Stadium 45 och 60 verkar vara viktigast för modellen, liksom våglängder runt 600-700 nm.

Det verkar finnas en del information i cropscandata som kan hjälpa till att förutsäga skörden. Det bästa var att kombinera cropscandata från flera tidpunkter. Resultaten antyder också att Cropscan bör mätas så nära skördetillfället som möjligt för att ge en bra uppskattning av skörden. Det var svårt att förutsäga kärnskorde på enskilda platser. En orsak kan vara för få ts-mätningar från växtanalysen vid varje provtagnings-tillfälle vilket ger för få data att bearbeta statistiskt.



Figur 9a. Figuren visar predikterad (y-axel) och mätt skörd (x-axel) då samtliga cropscandata och medelvärden av upprepningar använts. Bokstavskombinationerna utgörs av de två första bokstäverna i provplatsens namn samt ledbeteckningen. BjA betyder således Bjertorp led A.



Figur 9b. PCA-plot (ingen hänsyn har tagits till någon y-variabel) som illustrerar hur provplatserna skiljer sig åt. Alla cropscandata har tagits med och medelvärden av upprepningar har använts vid beräkningarna. Bokstavskombinationen står för provplats och led.

## 5.9 Korrelationer mellan olika variabler

För att söka samband mellan mätutslag hos de olika metoderna och den merskörd av kärna samt merskörd av kväve som erhöles vid en viss kvävegiva testades korrelationer mellan olika variabler (tabell 15 och 16). Den metod som vid mätning i stadium 32 visade starkast samband med ökningen av kärnskörd var kalksalpetermätaren (tabell 15a). Mätning på bladnivå 1 gav starkare samband än mätning på bladnivå 2. För mineralkvävehalten i marken vid samma stadium erhöles relativt bra samband, medan motsvarande korrelation för nitratstickorna var svagare. Vid mätning i stadium 45 befanns däremot de starkaste sambanden vara mellan kärnskördeökning samt kväveskördeökning och nitratstickorna (tabell 16a och b).

Generellt sett var sambanden mellan mätvärden för kalksalpetermätaren och merskörd vid kompletteringsgödsling starkare vid mätning på bladnivå 1 än på bladnivå 2 både i stadium 32 och 45, med de starkaste korrelationerna i stadium 32. Kalksalpetermätaren gav dock osäkrare upplysning om behovet av kompletteringsgödsling i stadium 45 än i stadium 32, vilket också korrelationerna tyder på.

Tabell 15a och b. Samband mellan å den ena sidan mätvärden vid stadium 32 för olika metoder att prognostisera kvävegödsling och å den andra sidan ökning av kärnskörd (a) och kväveskörd (b) genom tidiga eller sena kvävegivor. Sambanden uttrycks som korrelationskoefficienter (r)

| Mätmetod                       | Ökning av kärnskörd |         |       | Antal obs. |
|--------------------------------|---------------------|---------|-------|------------|
|                                | Led B               | Led C   | Led D |            |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 1 | 0,62                | 0,90*** | 0,70* | 9          |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 2 | 0,48                | 0,84**  | 0,52  | 9          |
| Nitratmätare                   | 0,35                | 0,56    | 0,52  | 9          |
| Mineralkväveinnehåll i jord    | 0,48                | 0,77*   | 0,68  | 8          |

| Mätmetod                       | Ökning av kväveskörd |         |         | Antal obs. |
|--------------------------------|----------------------|---------|---------|------------|
|                                | Led B                | Led C   | Led D   |            |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 1 | 0,67*                | 0,90*** | 0,92*** | 9          |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 2 | 0,48                 | 0,82**  | 0,83**  | 9          |
| Nitratmätare                   | 0,28                 | 0,54    | 0,53    | 9          |
| Mineralkväve-innehåll i jord   | 0,54                 | 0,74*   | 0,73*   | 8          |

\* 0,01 < p < 0,05

\*\* 0,001 < p < 0,01

\*\*\* p < 0,001

Tabell 16a och b. Samband mellan å ena sidan mätvärden vid stadium 45 för olika metoder att prognostisera kvävegödsling och å den andra sidan ökning av kärnskörd (a) och kväveskörd (b) genom sena kvävegivor. Sambanden uttrycks som korrelationskoefficienter (r)

| Metoder                        | Led | Ökning av kärnskörd |       | Antal obs. |
|--------------------------------|-----|---------------------|-------|------------|
|                                |     | Led C               | Led D |            |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 1 | A   | 0,65                |       | 8          |
|                                | B   |                     | 0,17  | 8          |
|                                | C   | 0,68                |       | 8          |
|                                | D   |                     | 0,18  | 8          |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 2 | A   | 0,56                |       | 8          |
|                                | B   |                     | 0,25  | 8          |
|                                | C   | 0,48                |       | 8          |
|                                | D   |                     | 0,08  | 8          |
| Nitratmätare                   | A   | 0,77*               |       | 9          |
|                                | B   |                     | 0,60  | 9          |
|                                | C   | 0,70*               |       | 9          |
|                                | D   |                     | 0,60  | 9          |
| Mineralkväve i jorden          | A   | 0,60                |       | 9          |

| Metoder                        | Led | Ökning av kväveskörd |       | Antal obs. |
|--------------------------------|-----|----------------------|-------|------------|
|                                |     | Led C                | Led D |            |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 1 | A   | 0,51                 |       | 8          |
|                                | B   |                      | 0,67  | 8          |
|                                | C   | 0,58                 |       | 8          |
|                                | D   |                      | 0,56  | 8          |
| Kalksalpetermätare, bladnivå 2 | A   | 0,50                 |       | 8          |
|                                | B   |                      | 0,62  | 8          |
|                                | C   | 0,39                 |       | 8          |
|                                | D   |                      | 0,42  | 8          |
| Nitratmätare                   | A   | 0,73*                |       | 9          |
|                                | B   |                      | 0,67* | 9          |
|                                | C   | 0,68*                |       | 9          |
|                                | D   |                      | 0,67* | 9          |
| Mineralkväve i jorden          | A   | 0,44                 |       | 9          |

\* 0,01 < p < 0,05

Nitratstickorna visade på starkare samband vid det senare mättillfället. Eftersom stickorna visar den momentana kvävestatusen torde utslaget vara riktigare ju närmre skörden man kommer. Ett stort utslag har tolkats som att högre nitrathalt i växten spelar större roll för proteinhalten vid ett sent stadium än vid ett tidigt. Egentligen är mätning i stadium 32 mindre intressant eftersom det är först efter axgång och blomning som kvävet blir protein i kärnan och inte byggs in i övrig biomassa.

## 6. Slutsatser

Kompletteringsgödsling gav ett positivt inkomstnetto i de flesta försöken. I försöken med höstvede i Västergötland och Östergötland lönade det sig med kompletteringsgödsling vid samtliga behandlingar. En orsak till att gödslingarna gav ett så positivt resultat kan vara att avkastningspotentialen var god och grundgivan med kväve förhållandevis låg. Detta kan man skönja på Bjertorp där det omvända förhållandet rådde. Tilläggsgödslingen gav där inte samma positiva resultat som en följd av att

avkastningsnivån redan i grundledet genom god kvävetillgång troligtvis låg nära biologiskt optimum.

Huruvida kompletteringsgödsling generellt sett är lönande i Mälardalen liksom i de andra landsdelarna är omöjligt att uttala sig om på basis av försöken i denna undersökning. Fler års försök behöver utvärderas. Med tanke på den lägre avkastningsnivån i försöken i Mälardalen blev två av de tre försöken uppenbarligen överoptimalt gödslade, vilket innebär ekonomisk förlust.

Enligt skörde- och proteinhaltsmedeltalen för försöken var det mest lönsamt att kompletteringsgödsla två gånger eller en gång sent. Detta var en följd av att vetet i dessa fall klarade kvalitetskraven för brödvete. Tidigare gödsling gav vanskeligare resultat. Avkastningsmässigt hade den sena kvävegivan liten inverkan, men som en följd av de ökade proteinhalterna blev detta alternativ ekonomiskt fördelaktigare (jfr. Mattsson & Anderson, 1983). Med tanke på att gödselkväveutbytet var sämre vid den högsta totalgivan av kväve, som fördelats på totalt tre tillfällen, bör man ur miljösynpunkt överväga en totalt sett mindre kvävemängd, inkl. en tilläggs-giva sent, om inte skördenivån är mycket hög. Skulle vädret bli extremt torrt är det dock troligen bäst med en tidigare kompletteringsgödsling.

Den kombinerade växt- och jordanalysen avser en totalanalys av växtnäring och ger en helhetsbild av grödans växtnäringsstatus. Den ger en bild av hur mycket växtnäring som plantans gröna delar innehåller och hur mycket växttillgängligt kväve som finns i marken. Metoden indikerar brist, inte bara på kväve, utan även på andra näringsämnen såsom fosfor, kalium, svavel och en mängd mikronäringsämnen. Modellen ger svar på hur stor skörd den tillgängliga mängden kväve räcker till, och med hänsyn tagen till lantbrukarens normala skördenivå ges en gödslingsrekommendation. I försöken visade det sig att metoden gav bättre rekommendationer i tidig stråskjutning än strax före axgång. En stor osäkerhetsfaktor är dock svårigheten att uppskatta den slutliga skörden (jfr. Remy & Viaux, 1982). Metoden kräver också en mycket noggrann provtagning (jfr. Simán, 1993b). Troligtvis behöver delprover som täcker en större yta tas ut för bättre bedömning av tillväxten fram till provtagningen. Det är antagligen bättre att i det senare stadiet utgå från hur hög skörd den aktuella kvävemängden räcker till och bedöma behovet av komplettering med avseende på grödans faktiska utseende och tillväxtpotential vid provtagningstillfället.

Cropscan kunde förutsäga skörden på 300 kg när om hänsyn togs till mätvärden från alla provtagningstidpunkter. Detta var ungefär samma felmarginal som vid beräkning med växt- och jordanalysen av skörden utan tilläggsgödsling. Med andra ord fungerade Cropscan som metod inte bättre än den förra i att förutsäga skörden. Cropscan har många fördelar i och med att man kan få ett mått på grödans hälsotillstånd vid mättillfället. Däremot kunde metoden inte användas i absoluta termer i försöken. En viss tillväxt motsvaras inte av ett visst mätvärde med Cropscan. Kalibreringar från ett stort antal mätningar skulle behövas. Det är en svårighet att mätaren inte bara registrerar grödan utan även ogräsen. Andra störningar kan också påverka mätningen såsom reflektion från marken, om grödan är gles. En annan begränsning är att metoden inte bör användas vid molnig väderlek eftersom dessa påverkar den infallande strålningen från solen.

Nitratstickorna mäter nitrathalten i stråbasens växtsaft. Mätningen ger ett momentant mått på plantans nitratförsörjning. I försöken var höga halter kopplade till en hög proteinhalt i kärnskorven. Små utslag för nitrat var kopplade till låg eller hög proteinhalt. Metoden verkar främst fungera som en noll-ett-metod som talar om ifall grödan vid måttillfället har en tillfredsställande nitratförsörjning. Med andra ord kan det finnas växttillgängligt kväve i marken vid tillfället men plantan kan inte nå det. Detta kan bero på nedsatt rotfunktion som vid torka. Får man inget utslag vid mätning måste man därför fundera på orsaken. En stor fördel med metoden är att den är billig och enkel att utföra, framförallt om man använder ”klockmetoden” istället för en Nitrachek som i dessa försök (jfr. Pettersson, 1988). För den enskilde lantbrukaren duger klockmetoden alldeles utmärkt med den precision som denna har, om man tar tiden till fullt utslag på nitratstickorna. Ju snabbare omslag, desto mer nitrat finns tillgängligt. Tack vare att metoden är billig kan man kontinuerligt följa grödans nitratupptag under säsongen.

Kalksalpetermätaren, som mäter klorofyllinnehållet i bladen, är den enklaste av de studerade metoderna och en av de snabbaste. Metoden ger en tydlig signal om det finns behov av kompletteringsgödsling eller ej. Vid provtagning under stråskjutning fungerade den utmärkt. När grödan närmade sig axgång gav metoden mindre tillförlitliga rekommendationer. Eftersom det tar tid för kvävet att ombildas till bland annat klorofyll i växten, mäts egentligen hur kvävestatusen var för en tid sedan. I praktiken kanske det växttillgängliga kvävet är på väg att sina vid måttillfället. En annan svaghet med metoden är att den mäter grödans grönhet. Plantans färg kan påverkas av annat än kvävebrist, till exempel brist på andra näringsämnen. Metoden kräver således, som de övriga metoderna, eftertänksamhet vid användning.

Metoderna ger sammantaget en fingervisning om behovet av kompletteringsgödsling. Lantbrukaren måste ändå ta hänsyn till andra faktorer vid den slutgiltiga bedömningen. Exempelvis måste följande frågeställningar beaktas:

- Är beståndet frodigt eller glest?
- Är grödan frisk eller sjuk?
- Är ogrästrycket stort?
- Hur var nederbördssituationen tidigare under säsongen och hur kan den förmodas se ut framöver?

Frågan är med andra ord om grödan har tillräckligt stor tillväxtpotential för att motivera en tilläggsgödsling. Behovet av kväve må vara nog så stort, men klarar inte grödan att utnyttja en tilläggsgödsling minskar också motivet att utföra handlingen. Kan grödan inte reagera på gödslingen genom tillräckligt ökad tillväxt och proteinhalt kostar kompletteringen mer än vad man får igen.

Att utnyttja fältmetoder för kvävestyrning under växtsäsongen är ett steg mot förbättrad ekonomi och miljö. De metoder som utvärderades i försöken 1997 tycks kunna fungera som ett stöd för lantbrukaren i sin bedömning av behovet av kompletteringsgödsling. Av 1997 års resultat att döma är det bättre att använda någon av metoderna än ingen metod alls. De har dock både för- och nackdelar och skall användas med eftertanke.

## 7. Summary

- In eleven field trials in central Sweden in 1997, 9 with winter wheat and 2 with spring wheat, four field methods for estimation of the need for nitrogen top-dressing were evaluated. The methods were: 1) plant- and soil analysis of plant nutrients according to Swedish advisory services (Simán, 1993a), 2) determination of nitrate in the plant sap from the stem base with Merckoquant indicator strips (Pettersson, 1997a), 3) Hydro Agri's N-tester measuring the chlorophyll content of single leaves as an indicator of the nitrogen status of the crop (Hydro Agri AB, 1997), and 4) Cropscan, a radiometric method measuring reflectance, in this case the light reflected from the crop in relation to global radiation (Nilsson, 1991).
- After nitrogen application in April with 120 kg N per hectare in all treatments of the experiments, top-dressing with 40 kg N/ha at DC 32 (Zadoks) increased the grain yield by, on average 570 kg/ha or 8%, whereas 40 kg at DC 45 yielded 460 kg/ha, 7 % more. Two top-dressings increased the grain yield by 800 kg/ha, 12 %. There were large variations in yield between the trials, obviously due to differences in yield potentials and soil mineral nitrogen in early spring.
- Without topdressing the demand for 11.5 % crude protein in the grain was satisfied in 1 of 9 trials. Following top-dressing with 40 kg N/ha at DC 32, 4 trials of 9 reached this level, and after top-dressing with 40 kg N/ha at DC 45, 6 out of 9 trials contained 11.5 % or more. After two top-dressings, all trials showed sufficient protein contents.
- In the trials with winter wheat, top-dressing at DC 32 gave a net income close to 450 SEK per hectare, not considering operating costs for the tractor and yield loss due to crop damage caused by driving in the crop. Nitrogen application at DC 45 gave 550 SEK and application at both growth stages 670 SEK.
- Before nitrogen application at stage DC 32, the N-tester was the method of estimating the need for nitrogen top-dressing that showed the strongest correlation with the grain yield. Measurement on the youngest leaf yielded a better relationship than measuring the second youngest. At DC 45, the strongest correlations were found between grain yield or nitrogen uptake in grain and nitrate in the plant sap of the stem base.
- At DC 32, the need for nitrogen top-dressing was well estimated by means of the plant- and soil analysis. At DC 45 this method allowed correct recommendations in 1/3 of the experiments.
- With Cropscan, grain yield was estimated within 300 kg/ha of the real yield when using data from all growth stages at the same time. At single growth stages the method gave less reliable results but better the closer to the time of harvest.

- The N-tester admitted good recommendations at DC 32. At DC 45, however, the method was completely reliable only in 2 trials of 9. The most common error was that the N-tester indicated values above the value set as the upper limit for top-dressing in treatments which later did not reach 11.5 % crude protein in the grain.
- In most cases the indicator strips showed abnormally low levels of nitrate in the stem base. Low levels were followed by either low or high protein contents, while high levels were followed by high protein contents.
- The reliability of the methods was demonstrated by coefficients of variation (the standard deviation as a percentage of the mean). The variation in measured values was large when using the indicator strips, on average 52%. Analytical values for soil mineral nitrogen in connection with plant analysis varied 22%. The variation of the values for the N-tester was small, 3%.

## 8. Litteraturförteckning

- Andersson, A. 1990. *Fältnässig prövning av växtanalysmodell för kväve i höstvet och korn*. Examensarbete, nr 70, Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Asrar, G. (ed.) 1989. *Theory and application of optical remote sensing*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Bengtsson, A. 1992. *Höstvete - sort och kvävegödsling med hela och delade givor*. Institutionen för växtodlingslära, Växtodling 37, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala
- Bertilsson, G. & Gruvaeus, I. 1996. *Kalksalpetermätaren - en hjälp vid bedömning av kvävebehov*. Växtpressen maj 1996, s. 8-9. Hydro Agri.
- Browén, A. 1995. *Fjärranalys för växtnäringsstyrning - En litteraturgenomgång*. JTI-Rapport 209, Jordbrukstekniska institutet. Uppsala.
- Carlgren, K. 1983. *Några metoders användbarhet för uppskattning av kväve-mineraliseringen i åkerjordar från Götaland och Svealand*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära, Rapport 150, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Carlsson, A. 1993. *Fjärranalys av fältförsök*. Institutionen för växt- och skogsskydd, Examensarbete 1993:6, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Clason, Å. (ansvarig utgivare) 1996. *Databok för driftplanering 1996*. Speciella skrifter 62, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Folkesson, Ö. 1992. *Körskador vid körning i växande gröda*. Faktablad om växtskydd, 65 J, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

- Flink, M. 1993. *Kol- och kvävedynamik i höstvetete - ovanjordisk primärproduktion, kväveupptag och beståndsutveckling*. Institutionen för ekologi och miljövärd, Rapport 58, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Franzén, M. 1990. *Kompletteringsgödsling efter växtanalys i stråsäd*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära, Examensarbete, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Gunnarsson, O. 1987. *Faktorer som bestämmer kväveoptimum*. I: Kvävestyrning till stråsäd - Dagsläge och framtidsmöjligheter. KSLA rapport 24, s. 5-22. Stockholm.
- Guyot, G. 1990. *Optical properties of vegetation canopies*. I: Applications of Remote Sensing in Agriculture (red. Stevens. M.D., Clark. J.A.), s. 19-43. Cambridge.
- Hydro Agri. 1997. *Hydro Kalksalpetermätare*. (Instruktionsbok)
- Kanemasu, E.T., Demetriades-Shah, T.H., Su, H. & Lang, A.R.G. 1990. *Estimating grassland biomass using remotely sensed data*. I: Applications of Remote Sensing in Agriculture (red. Stevens. M.D., Clark. J.A.), s.185-199. Cambridge.
- Kjellquist, T. 1998. *Anpassa kvävegivan - inget år är det andra likt!*, Odalaren, 3/1998, s. 30.
- Lindén, B. 1979. *Kvävegödsling baserad på bestämning av mineralkväveförrådet i marken. lägesrapport om N-prognosverksamhet i några europeiska länder och i Nordamerika*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringslära, Rapport 122, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Lindén, B. 1986. *Jordkvävetillgång - skördenivå - kvävegödsling*. Konsulentavdelningens rapporter, Allmänt 83, s. 15:1-8, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Lindén, B. 1987. *Mineralkväve i markprofilen och kvävermineralisering under växtsäsongen*. I: Kvävestyrning till stråsäd - Dagsläge och framtidsmöjligheter. KSLA, rapport nr 24, s. 23-47. Stockholm.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søgaard, K. & Kjellerup, V. 1992a. *Nitrogen mineralization during the growing season, 1. Contribution to the nitrogen supply of spring barley*. Swedish J. agric. Res. 22, s. 3-12.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Søgaard, K. & Kjellerup, V. 1992b. *Nitrogen mineralization during the growing season, 2. Influence of soil organic matter content, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley*. Swedish J. agric. Res. 22, s. 49-60.
- Lindén, B. & Wallgren, B. 1993. *Nitrogen mineralization after leys plowed in early or late autumn*. Swedish J. agric. Res. 23, s.77-89.

Lindén, T. & Mattsson, L. 1987. *Variationer i markens mineralkväveförråd. En undersökning på olika jordar i Uppland och Västergötland*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringsslära, rapport 167, Sveriges antbruksuniversitet. Uppsala.

Linnér, H. 1993. *Nitratanalys som hjälpmedel för styrning av kvävegödsling till potatis*. I: Växtanalys i gödslingsrådgivningens tjänst, NJF - seminarium nr 215, NJF - utredning/rapport nr 81, s. 121-126.

Lundblad, K. 1959. *Växtnäringssämnen och bristsjukdomar*. I: Bristsjukdomar hos kulturväxter och exempel på följsjukdomar hos husdjur (red. Hansson, A.), s. 13. Stockholm.

Mattsson, L. 1988. *Kväveförsök i höstvet med bestämning av mineralkväve i marken*. Institutionen för markvetenskap, avdelningen för växtnäringsslära, rapport 175, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Mattsson, L. 1995. *Skördevariationer inom enskilda fält - Storlek och tänkbara orsaker*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringsslära, rapport 196, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Mattsson, L. & Anderson, L.E. 1983. *Kvävegödsling till höstvet, val av spridningstidpunkt och kvävegödselmedel*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringsslära, rapport 154, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Mattsson, L. & Anderson, L.E. 1984. *Anpassad gödsling med kväveprognoser - teknik och tillämpning*. Aktuellt från lantbruksuniversitetet, nr 336. Uppsala.

Mattsson, L. & Brink, N. 1980. *Gödslingsprognoser för kväve*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringsslära, rapport 130, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

Mattsson, L. & Kjellquist, T. 1992. *Kvävegödsling till höstvet på gårdar med och utan djurhållning*. Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för växtnäringsslära, rapport 189, Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Nilsson, H.E. 1991. *Hand-held radiometry and IR-thermography of plant diseases in field plot experiments*. Int. J. Remote Sensing, 12:3, s. 545-557.

Nilsson, H.E. 1993. *Fjärr- och bildanalys i växtodling och försök. I: Bild- och fjärranalys i lantbrukets tjänst*. KSLA, rapport nr 68, s. 35-46. Stockholm.

Pettersson, CG. 1988. *Nitratmätning i växande gröda: Ett sätt att anpassa kvävegivan*, Lantmannen 9/1988, s. 29 och 31.

Pettersson, CG. 1997a. *Nitratmätare - Instruktion*. ODAL. Linbanegatan 12, 745 84 Enköping.

Pettersson, CG. 1997b. *Gödsling, Odlingsteknik i malkorn*. I: Regionala försök i Svea-länen, Växtodling 1997, s. 9-17. Hushållningssällskapet Multimedia.

- Svensson, H.I. 1993. *Lantmännens växt- och jordanalysmodell*. I: Växtanalys i gödslingsrådgivningens tjänst, NJF- seminarium nr 215, NJF-utredning/rapport nr 81.
- Wallgren, B. 1986. *Växtföljden och spannmålens proteinhalt*. I: Konsulent-avdelningens rapporter, Allmänt 83, 13:1-12, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Wold, S. 1989. *Multivariate data analysis: Converting chemical data tables to plots*. Intelligent instruments and computers, Sept-Oct 1989, s.197-216.
- Zadoks, J.C., Chang, T.T & Konzak, C.F. 1974. *A decimal code for the growth stages of cereals*. Weed Research 14, s. 415-421.
- Østergaard, H.S. 1988. *Kvælstofgødskning på grundlag af jord- og planteanalyser*. I: Oversigt over Landsforsøgene 1987 (ed. K. Skrivers), Landsudvalget for planteavl, Århus.
- Østergaard, H.S. 1989. *Nitrattesten gav gode forudsigelser i 1988*: Agrológisk Tidsskrift, Marken 5/89, s 32-34.
- Østergaard, H.S. 1993. *Danske erfaringer med hurtigmetoder i planteanalysen* I: Växtanalys i gödslingsrådgivningens tjänst, NJF- seminarium nr 215, NJF-utredning/rapport nr 81, s.117-120.

## 9. Personliga meddelanden

- AgrD Thomas Börjesson, Svenska Lantmännen, FoU, c/o AnalyCen, Box 244, 532 23 Skara.
- Agronom Tomas Kjellquist, Hydro Agri, Kommendantvägen, 602 38 Norrköping.
- Docent Börje Lindén, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara, Box 234, 532 23 Skara.
- Agronom Jan Linder, ODAL VäxtRåd, Linbanegatan 12, 745 84 Enköping.
- Agronom CG Pettersson, ODAL, Linbanegatan 12, 745 84 Enköping.

**Institutionen för jordbruksvetenskap Skara** bildades den 1 januari 1997 genom sammanslagning av Västra husdjursförsöksdistriktet och Västra jordbruksförsöksdistriktet, SLU. I institutionen ingår **Avdelningen för husdjursproduktion** och **Avdelningen för mark-växter**. Verksamheten har som mål att åt jordbruket utveckla metoder, system och hjälpmedel, som förbättrar möjligheterna att med god lönsamhet producera grödor och animalier under miljö- och djurvänliga produktionsformer. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning.

I serien *Examensarbeten* publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) vid Institutionen för jordbruksvetenskap Skara.

Examensarbetena kan beställas från institutionen, se nedan. Förteckning över samtliga slag av publikationer från institutionen erhålles kostnadsfritt.

---

**Distribution:**

Sveriges lantbruksuniversitet  
Institutionen för jordbruksvetenskap Skara  
Box 234  
532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: [Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se](mailto:Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se)  
Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

Pris: 50:- (exkl. moms)