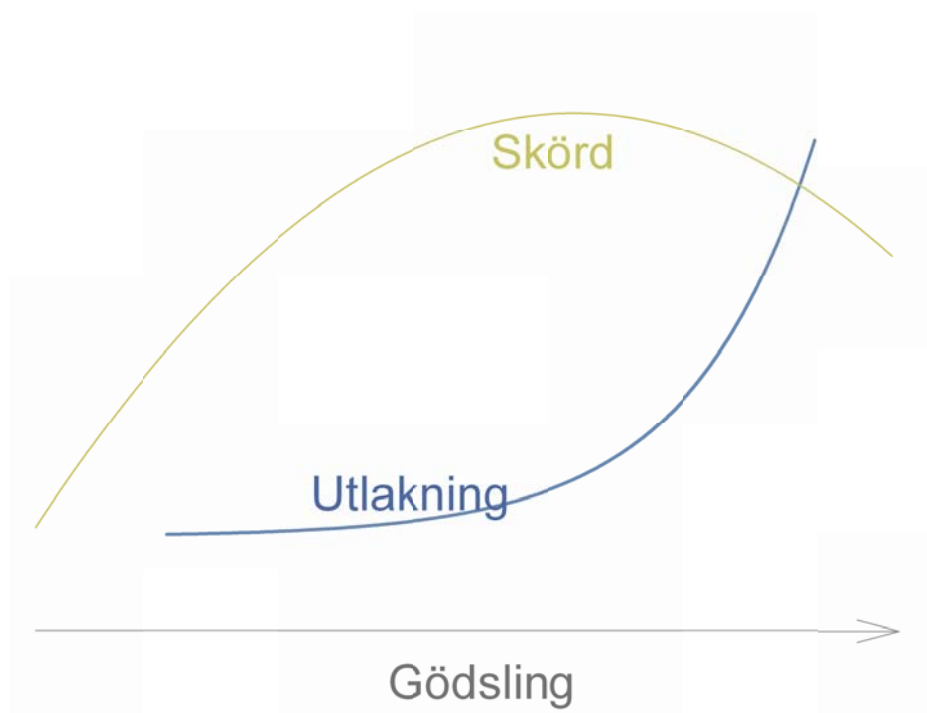




Nitratutlakning beroende på kvävegödslingsnivå och skörderespons i havre på en lätt jord

Nitrate leaching depending on nitrogen fertilization level and yield response in oat on a sandy soil



Sofia Delin och Maria Stenberg

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för mark och miljö

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil and Environment

Rapport 10.
Uppsala 2012
ISBN
978-91-576-9096-8

Innehåll

Referat	1
Abstract	2
Inledning	3
Material och metoder	4
Resultat	5
Väderlek	5
Kväveupptag under säsong	5
Skörd och utlakning	6
Diskussion.....	8
Effekt på utlakning jämfört med andra studier	8
Utlakning och restkvävmängder	8
Jämförelse med STANK IN MIND	9
Effekter av precisionsgödsling.....	9
Begränsningar och fortsatta studier	9
Tillkännagivanden.....	10
Referenser	10

Referat

Höga kvävegödslingsnivåer kan öka nitratutlakningen. Hur stor denna ökning blir hänger troligtvis samman med grödans kväveutnyttjande och gödslingens effekt på skörden. För att studera nitratutlakningen efter olika kvävegödslingsnivåer och skörderespons, anlades fältförsök i havre 2007, 2008 och 2009 på en sandjord utanför Skara i Västergötland.

Nitratutlakningen bestämdes från nitratkoncentrationen i markvatten som provtogs med keramiska sugceller placerade på 80 cm djup samt från uppmätt avrinning vid en mätstation i närheten. Resultaten visade att ökningen i utlakning på grund av gödsling var obetydande så länge gödslingen gav en skörderespons på åtminstone 10 kg kärna (85% TS) per kg tillfört kväve. Över denna gödslingsnivå avtog skörderesponsen och nitratutlakningen ökade gradvis. Detta innebär att utlakningen per producerat kg havre var som minst runt denna nivå. Den ekonomiskt optimala kvävegivan beror på prisrelationen mellan gödsel och spannmål, vilken i Sverige vanligen varierar mellan 5 och 15. Med andra ord, precisionsgödsling som innebär 10 kg skördeökning per extra kg kvävegödsel kan vara optimal för ekonomin och ger samtidigt ingen ökad kväveutlakning.

Abstract

High doses of nitrogen (N) fertilizer may increase N leaching with drainage. This increase is likely to be dependent on crop N uptake and grain yield response. To study nitrate leaching with different fertilizer N rates and grain yield responses, field experiments in spring oats were conducted in 2007, 2008 and 2009 on loamy sand outside Skara in Sweden. Nitrate leaching was determined from nitrate concentrations in soil water sampled with ceramic suction cups and measured discharge at a nearby measuring station. The results showed that the increase in nitrate leaching from increased N fertilization was insignificant as long as each extra kg of fertilizer N resulted in at least a 10 kg increase in grain yield (85% DM). Above this fertilization level, the yield response gradually ceased and the nitrate leaching response gradually increased. As a consequence, nitrate leaching per kg grain produced had its minimum around this fertilization level. The economic optimum fertilization level depends on the price relationship between fertilizer and grain, which in Sweden usually vary between 5 and 15. In other words, precision fertilization that provides a 10 kg increase in grain yield per kg extra N fertilizer can be optimal for crop profitability at the same time as nitrate leaching is not elevated.

Inledning

Lantbrukare är anvisade att inte gödsla med mer kväve än vad som är ekonomiskt optimalt för att minimera kväveutlakningen. Då avser man i första hand en anpassning till gödslingsbehovet på fältnivå. Platsspecifik gödning eller precisionsgödning med hänsyn till variationer inom enskilda fält skulle kunna minska utlakningen ytterligare. Men det förutsätter att man sänker utlakningen mer på de fältdelar där man med precisionsgödning minskar givan än vad man höjer utlakningen på de fältdelar där givan höjs. Frågan är alltså om gödningen påverkar utlakning främst då ekonomiskt optimum överskrids, eller om effekten är avsevärd redan vid lägre givor.

Uppgifter i litteraturen om hur utlakningen påverkas av gödning över och under ekonomiskt optimum varierar. Bergström & Brink (1985) presenterade utlakningen vid olika gödslingsnivåer från en nioårig studie på lerjord på Lanna i västra Sverige, och fann en gradvis ökning av utlakningen med gödslingsnivån, där ökningen blev markant när gödningen överskred 100 kg N ha^{-1} . Detta var dock inte presenterat i relation till skörderesponsen och givorna var fasta mellan år oberoende av gröda och förväntat gödslingsbehov. De ackumulerade effekterna från flera år med olika nivåer på optimal kvävegiva gör det besvärligt att analysera om utlakningen ökade gradvis redan under ekonomiskt gödslingsoptimum eller om ökningen startar vid ett visst skördeutbyte.

Petersen & Djurhuus (2004) presenterade en exponentiell funktion som beskrev hur utlakningen påverkades av gödslingsnivån i relation till rekommenderad gödslingsnivå i några danska försök. Enligt den funktionen var det en gradvis ökning av utlakning redan vid ganska låga gödslingsnivåer och med en nästan linjär ökning med $0,25\text{-}0,35 \text{ kg N ha}^{-1}$ per kg gödselkväve både över och under optimum. Här relaterades utlakningen till förväntat gödslingsbehov (enligt dansk rekommendation runt år 1980) och inte till det faktiska utfallet. En del är överskattas gödslingsbehovet, vilket leder till att låga givor inte ger något stort skördeutbyte. I sådana situationer innebär gödning vid låga nivåer en utlakningsrisk. Möjligen är detta orsaken till en så hög utlakningseffekt redan vid låga gödslingsnivåer.

Lord & Mitchell (1998) däremot, som presenterade utlakningen vid olika kvävegödning i relation till ekonomiskt optimum framräknat från de faktiska skördarna i brittiska försök, visade att utlakningen påverkades mycket lite ($<0,05 \text{ kg kg}^{-1}$) av ökad gödning under ekonomiskt optimum, men i medeltal $0,52 \text{ kg kg}^{-1}$ av givor över ekonomiskt optimum. Engström et al. (2010) studerade utlakningen efter olika gödslingsnivåer till höstraps, och fann också en ökad effekt av gödning på utlakning över ($0,5 \text{ kg kg}^{-1}$) än under ($0\text{-}0,2 \text{ kg kg}^{-1}$) optimum och med lägre effekt på utlakningen när efterföljande vinter var kall, med lång period av minusgrader.

Skillnaderna mellan de olika publikationerna ovan beror sannolikt på sättet som data presenteras. Effekten av gödning på utlakning finns beskriven i flera modeller (Johnsson, 1990; Eckersten & Jansson, 1991; Lord, 1992; Larsson et al., 2002; Aronsson & Torstensson, 2004). Hur utlakningen påverkas varierar mellan modellerna, delvis beroende på vad modellerna är tänkta att användas till. STANK IN MIND (Aronsson & Torstensson, 2004) är en rådgivningsmodell som är tänkt som ett pedagogiskt verktyg vid rådgivning kring miljöskyddsåtgärder och gödning på gårdsnivå. Enligt denna modell börjar utlakningen att öka med gödslingsnivån vid kvävegödslingsnivåer 30 % under ekonomiskt optimum och ökar sedan mer med gödslingsnivån när ekonomiskt optimum överskridits. Hur brant lutningen är på kurvan beror på jordarten och klimatet.

Syftet med denna undersökning var framför allt att jämföra effekten på nitratutlakning efter olika kvävegödslingsnivåer över och under ekonomiskt optimum till havre på en lätt jord i Västra Götaland. Dessutom skulle sambandet mellan restkvävemängd vid skörd och utlakningsnivå jämföras, för att avgöra vilka slutsatser man kan dra av det försöksmaterial som finns med restkvävemängder efter olika kväveintensitet. Syftet med projektet var också att utifrån resultaten diskutera potentiell utlakningsminskning vid precisionsgödsling.

Material och metoder

Nitratkväveutlakning vid olika kvävegödslingsnivåer till havre undersöktes på Götala försöksstation utanför Skara. Tre försök anlades 2007, 2008 respektive 2009 där havre odlades år ett med olika kvävegivor. Utlakning mättes i havren och i nästföljande gröda, som var höstvetete 2008 och 2010 och vårkorn 2009 som gödslades med samma kvävenivå i alla led. Varje försök hade sju led (tabell 1) randomiserade inom fyra block. Dräneringsvattnet provtogs från tre keramiska sugkoppar (Djurhuus, 1990) i varje ruta som installerats på 80 cm djup. Provtagning skedde varannan vecka under perioder med avrinning från gödslingsstidpunkten i havre (april-maj) t.o.m. juni året därpå. Proverna analyserades för nitratkväve med FIA (flow injection analysis). Utlakning bestämdes från dessa nitratkvävekoncentrationer och avrinning som mättes vid närbelägna Lanna försöksstation.

Tabell 1. Kvävegödslingsnivåer i havre i fältförsöken

Table 1. Nitrogen fertilization levels in oats in the field trials

Nivå i procent av förväntat ekonomiskt optimal nivå	Gödslingsnivå i kg N ha ⁻¹
0 %	0
50 %	45
75 %	70
100 %	90
125 %	110
150 %	135
100 % (justerad efter uppkomst)	60 + (30, 0 respektive 40 2007, 2008 respektive 2009)

Vid 2-3 tillfällen från stråskjutning till blomning mättes kväve i ovanjordisk biomassa genom rutvis mätning med Yara N-sensor (handsensorn). Sensorvärdena kalibrerades mot uppmätta värden från rutvis klippt gröda i ett av blocken i 4 * 0,25 m² stora ytor som sedan torkats (60°C) och analyserats på kväve innehåll enligt Dumas på en LECO CNS-2000.

Jordprover (0-30 och 30-60 cm djup) togs strax efter skörd (augusti) för bestämning av ammonium- och nitratinnehåll. Proverna hölls frusna fram till analystillfället och de maldes i fruset tillstånd. Delprover om 30 g extraherades med 100 ml 2 M KCl och analyserades med en spektrofotometer (TrAAcs800) enligt Mulvaney (1996).

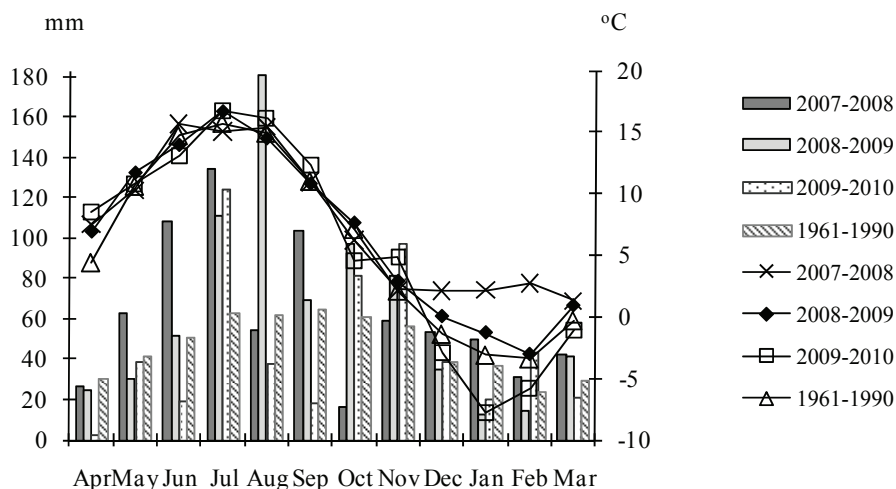
Kärnskörd mättes rutvis med en försökströska och är angivet vid 85 % TS. Kväveinnehåll i kärnan mättes med NIT (nära infraröd transmittans) och användes för att beräkna kväveskörd. Kärnskörd plottades mot kvävegödslingsnivå och andragradspolynom anpassades till punkterna. Kurvorna användes för att bestämma ekonomiskt optimal kvävegiva genom att identifiera var lutningen på kurvan överensstämde med priskvoten mellan spannmål och gödsel som här antogs vara 10:1.

För att jämföra gödslingens inverkan på utlakningen och restkvävemängden över och under gödslingsoptimum från alla år samtidigt, plottades avvikelse i utlakning och restkväve i marken från ogödslad led mot avvikelse i gödsling från ekonomiskt optimal gödslingsnivå.

Resultat

Väderlek

Växtodlingssäsongen 2007 var gynnsam med riklig nederbörd och normal temperatur och följdes av en mild vinter (figur 1). Våren 2008 var väldigt torr med kraftig nederbörd i augusti följt av en mild vinter. Våren 2009 blev också torr och följdes av en kall vinter.

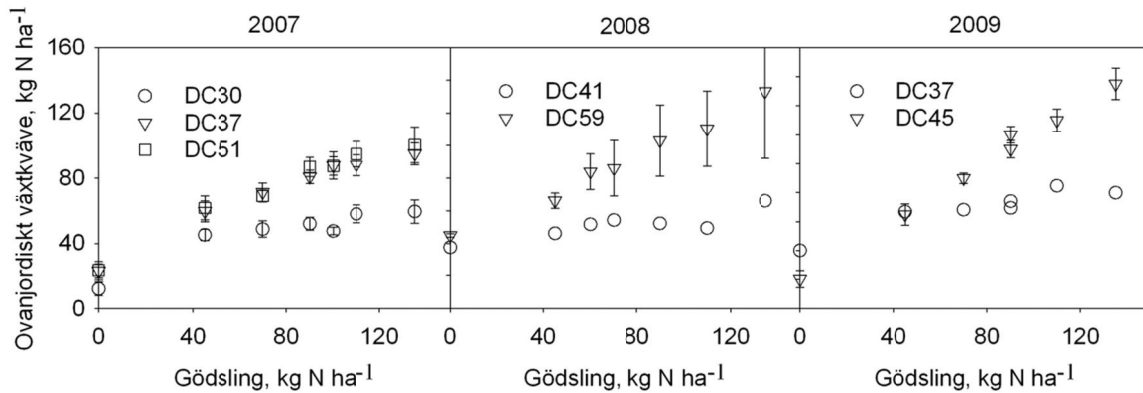


Figur 1. Nederbörd (staplar) och lufttemperatur (punkter) på Götala försöksstation under försöksperioden.

Figure 1. Precipitation (bars) and air temperature (dots) at Götala experimental station during the period of investigation.

Kväveupptag under säsong

Av de olika index som registrerades vid N-sensormätningarna, korrelerade det som kallas Si1 bäst till ovanjordiskt grödkväve i klippta rutor från ett block. Detta samband användes därför för att räkna ut ovanjordiskt grödkväve i samtliga block utifrån Si1 (figur 2), utom i det fall då det inte fanns något samband (DC37 2009) eller då N-sensormätningar saknades (DC41 2008) och därför endast värden från klippningarna i ett block presenteras. Även om nivåerna är lägre 2007 såg kväveupptaget under växtodlingssäsongen ganska likt ut mellan de tre åren (figur 2). Man bör dock beakta att mätningarna gjordes i olika stadier olika år och att den första mätningen som skedde så sent som i DC41 2008 inte visar på några skillnader mellan led, medan det som gjordes i DC37 2007 visade på tydliga skillnader mellan led. Skillnaderna mellan led i DC37 2009 ligger någonstans däremellan.

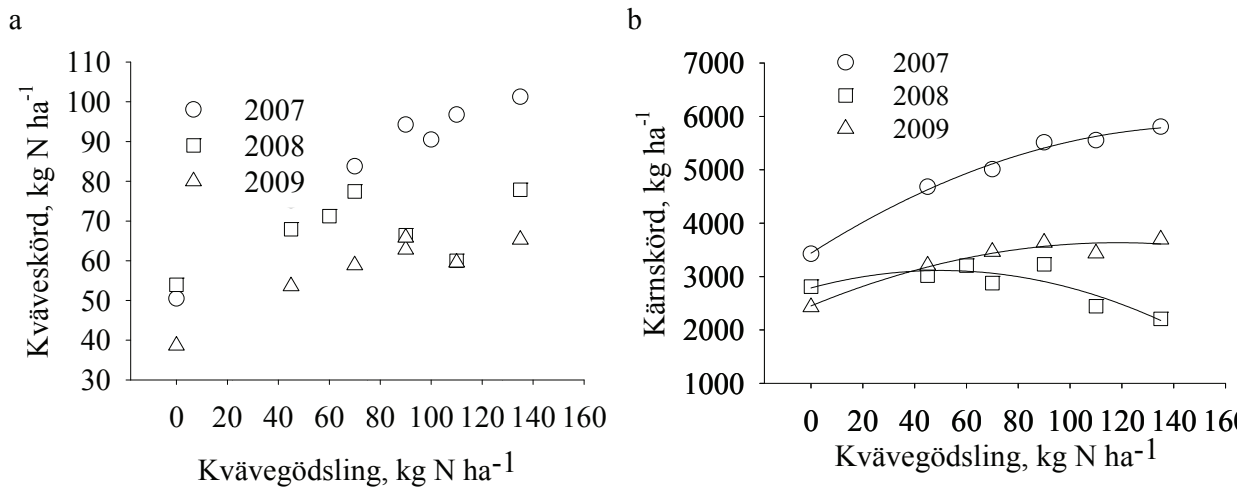


Figur 2. Ovanjordiskt växtkväve uppmätt vid olika utvecklingsstadier, där DC30 är tidig stråskjutning, DC37 när flaggbladet är framme, DC41-45 när axet sväller och DC51-59 blomning (Zadoks et al., 1974).

Figure 2. Aboveground plant nitrogen measured at different development stages, where GS30 is early stem elongation, GS37 flag leaf emergence, GS41-45 is boot swelling and GS51-59 is flowering.

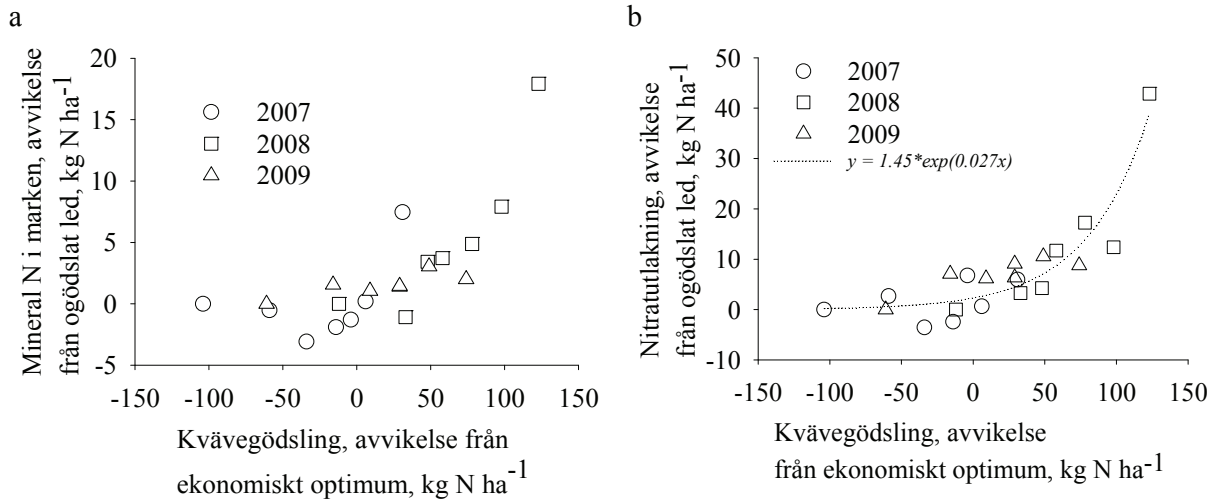
Skörd och utlakning

Det blev en positiv skörderespons från alla gödslingsnivåerna 2007 (figur 3b), med en ekonomiskt optimal gödslingsgiva på 104 kg N ha^{-1} . Detta resulterade i en låg respons på utlakningen detta år (figur 4b), med bara en liten ökning vid den högsta gödslingsnivån och då givan delats, vilket också gav ett sämre kväveutnyttjande och mer restkväve i marken än övriga led (figur 4a). År 2008 skedde gödningen efter uppkomst och följdes av torrt väder. Då svarade grödan dåligt på gödningen (figur 3b). Optimal kvävegödslingsnivå beräknades under dessa omständigheter till endast 12 kg N ha^{-1} och utlakningen steg avsevärt med gödningmängd över denna nivå. År 2009 var skörderesponsen positiv, men mycket sämre än 2007. Optimal gödningnivå beräknades till endast 61 kg N ha^{-1} . Ändå var effekten på restkväve och utlakning liten (figur 4b).



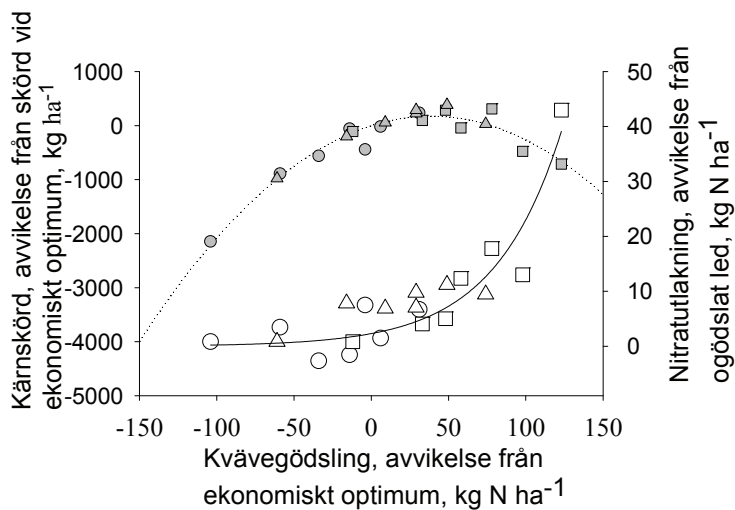
Figur 3. Diagram över a) kväveskörd och b) kärnskörd vid olika kvävegödslingsnivåer, där andragsrads polynom anpassats till skördedata (b).

Figure 3. Plot of a) nitrogen offtake and b) grain yield at different nitrogen fertilization levels, where second order polynomials are fitted to the yield data (b).



Figur 4. Diagram över avvikelse från ogödslat led av a) mineralkväve i marken vid skörd (0-60 cm) och b) nitratutlakning vid olika avvikelser i kvävegödslingsnivå från ekonomiskt optimum, där en exponentiell funktion anpassats till utlakningsdata (b).
 Figure 4. Plot of deviation from unfertilized plot in a) mineral N in soil at harvest (0-60 cm) and b) nitrate leaching at different deviations in nitrogen fertilization level from economic optimum, with an exponential function fitted to the leaching data.

Om man plottar avvikelsen i skörd från optimum mot avvikelsen i gödslingsnivå från ekonomiskt optimum faller data från alla tre åren på samma linje (figur 5). Denna funktion av avtagande skördeökning speglar ganska väl den ökande utlakningen.

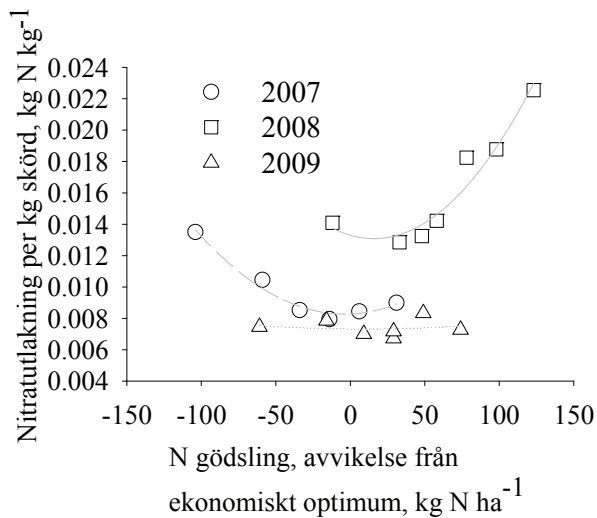


Kärnskörd	Nitratutlakning
● 2007	○ 2007
■ 2008	□ 2008
▲ 2009	△ 2009
..... $y = y_0 + 9.06x - 0.117x^2$	— $y = y_0 + 1.4 * \exp(0.027x)$

Figur 5. Avvikelsen i skörd från optimum och avvikelse i utlakning från ogödslat led plottat mot avvikelsen i gödslingsnivå från ekonomiskt optimum.
 Figure 5. Deviation in yield from economic optimum and deviation in leaching from unfertilized treatment plotted against deviation in fertilization from economic optimum.

Av resultaten från alla tre år tillsammans förefaller inte gödslingen ha påverkat utlakningen nämnvärt så länge den resulterat i åtminstone 10-20 kg skördeökning per gödslat kg kväve. Men när skördeeffekten avtagit har utlakningen stigit gradvis och blivit betydande först vid nivåer över ekonomiskt optimum (10 kg skördeökning per gödslat kg kväve). Utlakningen ökade exponentiellt med gödslingsnivån (figur 3b). Detta innebär att utlakningen är ca 3 kg högre än i ogödslat led när man gödslat 25 kg N över ekonomiskt optimum eller att utlakningen ökas med 0,1 kg N per extra gödslat kg N vid gödsling 35 kg N över optimum, eller 0,55 kg N per extra gödslat kg N vid gödsling 100 kg N över optimum.

Om man plottar kväveutlakning per skördad kg havre mot gödslingsnivån (figur 6) sammanföll utlakningsminimum med ekonomiskt optimum (den gödslingsnivå där gödslingen resulterat i 10 kg skördeökning per ytterligare gödslat kg kväve) både under 2007 och 2008. 2009 var både utlaknings- och skördeskillnader små och det går inte att identifiera något minimum.



Figur 6. Nitratkväveutlakning per skördad kg havre vid olika kvävegödsling över och under ekonomiskt optimum.

Figure 6. Nitrate leaching per kg oat yield at different nitrogen fertilization above and below economic optimum.

Diskussion

Effekt på utlakning jämfört med andra studier

Effekten på utlakning låg på 0,1 -0,4 kg N kg⁻¹ i vid gödsling med 25-50 kg N mer än ekonomiskt optimum, vilket överensstämmer med Bergström & Brink (1986) och Petersen & Djurhuus (2004), men är lite mindre än Lord & Mitchell (1998). Effekten av gödsling på utlakning var mycket mer betydande över än under ekonomiskt optimum. Detta stämmer bättre med resultaten från Lord & Mitchell (1998) än från Petersen & Djurhuus (2004).

Utlakning och restkvävemängder

Förutom utlakningsmätningar, som p.g.a. sina krav på mätresurser är ganska få, finns det många kvävegödslingsförsök där man åtminstone i några led mätt mineralkväve i marken vid skörd. Ett sådant material sammanställt av Gruvaeus (2008), tyder på att risken för utlakning ökar väsentligt med ökad kvävegödslingsnivå vid gödslingsnivåer över ekonomiskt optimum,

men att åtminstone restkvävemängderna påverkas ringa av gödslingsnivå under ekonomiskt optimum. Ökningen i restkväve per kg N över ekonomiskt optimum i Gruvaeus (2008) sammanställning låg på ca $0,2 \text{ kg N kg}^{-1}$. Utlakningen i den här undersökningen hade ett starkt samband med restkvävemängderna där skillnaden i utlakningen mellan led blev ungefär dubbelt så stor som antydde av restkvävemängderna. I försöken på lerjord presenterade av Bergtröm och Brink (1986) blev utlakningen istället 25 % av vad som antydde av restkvävemängderna. Detta indikerar att Gruvaeus sammanställning är relevant för tolkningen av hur utlakningen påverkats av gödningen och att restkvävemängderna kan ha inneburit både lägre och högre utlakningsökning än $0,2 \text{ kg N kg}^{-1}$, beroende på bl.a. jordart. Marken i denna undersökning har låg lerhalt och är därmed relativt läckagebenägen.

Jämförelse med STANK IN MIND

Slutsatsen av denna undersökning är att effekter av gödsling på utlakning är kännbara först då skördeeffekten av gödningen understiger ca 10 kg kärna per kg gödsel, vilket ofta anses vara ekonomiskt optimum. Detta skiljer sig något från rådgivningsmodellen STANK IN MIND vilken beräknar en utlakningsökning redan från nivåer 30 % under rekommenderad giva. Att rådgivningsmodellen räknar så kan ändå vara relevant, då rekommendationer inte är detsamma som det faktiska odlingsresultatet som är i det närmaste omöjligt att förutspå vid gödslingstillfället. Risken att man inte gödskar exakt så mycket som hade varit ekonomiskt optimalt är ju ganska stor, så även om man följt en rekommendation kan man ju ha gödlat för mycket. Att använda den bästa prognosmetoden med hänsyn till aktuell status på den enskilda platsen ökar dock chansen att träffa rätt och sådana prognosmetoder är av intresse för miljön om målsättningen är att få minimalt läckage per kg producerad spannmål.

Effekter av precisionsgödsling

Att effekten på utlakning skiljer såpass mycket över och under ekonomiskt optimum visar att platsspecifik gödsling inom enskilda fält har en potential att minska utlakningen ytterligare jämfört med gödsling efter ett fälts genomsnittliga gödslingbehov. Svårigheten ligger i att göra en god prognos av gödslingbehovet vid gödslingstillfället. Förutsättningarna för en bra prognos bör ändå bli bättre om man analyserar varje fältdels gödslingsbehov än om man bara skattar behovet från en fältdel som man tror vara representativ. I en kandidatuppsats (Nilsson, 2010) presenterades potentiell utlakningsvinst utifrån olika förutsättningar och enligt utlakningskurvan i STANK IN MIND. Hon kom fram till att utlakningsvinsten var upp till ca 4 kg N ha^{-1} vid enbart en omfördelning inom fältet och att sänkningen kunde bli ytterligare några kilo om precisionsgödslingen även innebär en sänkning av medelgivan inom fältet. Gör man samma beräkning av vinsten utifrån kurvan i denna undersökning, blir potentiell utlakningsminskning ca $1,5 \text{ kg N ha}^{-1}$, vilket är ligger i nivå med beräkningarna från STANK IN MIND för den aktuella jordtypen. Detta trots att STANK IN MIND har en utlakningsökning redan under optimum. Det beror på att responsen på utlakning var mindre strax över optimum i den här undersökningen än i STANK IN MIND. I fält med större variationer och där överdoseringen skulle återkomma på samma plats varje år om fältet inte precisionsgödslades är den potentiella utlakningssvinsten sannolikt större. I vilket fall som helst finns det en potential att minska utlakningen med ca 5 kg N per ha på de fältdelar som annars gödslats 50 kg N per ha för mycket och med hela 20 kg N per ha på de fältdelar som annars skulle gödslats 100 kg N per ha för mycket, även om de utgör en begränsad andel av den totala arealen.

Begränsningar och fortsatta studier

Undersökningen begränsar sig visserligen till havre på lätt jord i Västsverige, men det är troligt att sambandet mellan minskad skörderespons och ökad utlakningseffekt gäller även andra grödor på andra jordar och platser, även om effekten på utlakning kan vara olika

kännbar på olika jordar. För att se effekten på en lerjord utförs ytterligare tre försök på Lanna försöksstation i ett annat SLF-projekt under 2009-2011.

Tillkännagivanden

Denna studie är finansierad av Stiftelsen lantbruksforskning (SLF). Författarna vill också tacka försökspersonalen vid Hushållningssällskapet Skaraborg och Lanna försöksstation som skött försök och provtagning. Tack också till Helena Aronsson som granskat rapporten.

Referenser

- Aronsson, H., Torstensson, G. 2004. Beräkning av olika odlingsåtgärders inverkan på kväveutlakningen. SLU. Uppsala. Avd. för vattenvårdslära. Ekohydrologi 78.
- Bergström, L. and Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of organic N in the soil. *Plant and Soil* 93, pp. 333-345.
- Gruvaeus, I. 2008. Kvävebehov för höstvetete under olika odlingsförutsättningar. I: Försöksrapport 2007 för mellansvenska försökssamarbetet, s. 27-32.
- Djurhuus, J. 1990. Sammenligning af nitrat i jordvand udtaget med sugkopper og ekstrahert fra jordprøver. Landbrugsministeriet, Statens Planteavlsvorsøg, Særtryk af Tidsskrift for Planteavl 94, 487-495.
- Delin, S. and Lindén, B. 2002. Relations between net nitrogen mineralization and soil characteristics within an arable field. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B. Soil and Plant Sci.* 52, 2, 78-85.
- Engström, L., Stenberg, M., Aronsson, H. and Lindén, B. 2010. Reducing nitrate leaching after winter oilseed rape and peas in mild and cold winters. *Agron. Sustain. Dev.*, In press.
- Eckersten, H., Jansson, P.E. 1991. Modelling water flow, nitrogen uptake and production for wheat. *Fertilizer Research* 27, 313-329.
- Johnsson, H. 1990. Nitrogen and Water dynamics in Arable Soil. A modeling approach emphasizing nitrogen losses. Dept. of Soil Sciences, Reports and dissertations 6. 36 s.
- Larsson, M., Johnsson, H., Hoffmann, M., Mårtensson, K. 2002. Technical description of SOILNDB (V. 1.0) Teknisk rapport 64, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU. 30 s.
- Lord, I.E. Mitchell, R.D.J. 1998. Effect of nitrogen inputs to cereals on nitrate leaching from sandy soils. *Soil Use and Management* 14, 78-83.
- Mulvaney, R. L. 1996. Nitrogen - Inorganic Forms. In: Sparks D.L. et al. (Editors). *Methods of Soil Analysis, Part 3-Chemical Methods*. Soil Science Society of America Book Series, Nr 5. Madison, Wisconsin, USA. p 1123-1184.

Nilsson, C. 2010. Möjligheter att minska kväveutlakningen genom att anpassa kvävegödslingen till variationer inom stråsådesfält. Kandidatuppsats i biologi, Institutionen för mark och miljö, Examensarbeten 2010:04, SLU Uppsala.

Petersen, J., Djurhuus, J. 2004. Sammenhæng mellem tilførsel, udvaskning og optagelse af kvælstof i handelsgødede, kornrige sædskifter. DJF rapport markbrug nr. 102, 55 s.

Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14, p. 415-421.

I denna serie publiceras forsknings- och försöksresultat från institutionen för mark och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet.

In this series research results from the department of Soil and Environment at the Swedish University of Agricultural Sciences are reported.

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för mark och miljö

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil and Environment

Box 7014
SE-750 07 Uppsala
<http://www.slu.se/mark>