

Värdering av kvävet i organiska gödselmedel

Evaluation of nitrogen in organic fertilizers



Examens-/Seminariearbete av:

Jon Orvendal

Handledare:

Sofia Delin

Förord

Detta examensarbete genomfördes inom agronomprogrammet, inriktning mark/växt. Arbetet är tänkt som en förstudie till ett större projekt som syftar till att ta fram en standardiserad metod för att värdera organiska gödselmedel med hänsyn till kväve. Examensarbetet har genomförts vid Institutionen för markvetenskap, Avdelningen för precisionsodling, på SLU i Skara. Analyser av prover har skett vid Institutionen för markvetenskap, Ultuna samt på AnalyCen i Lidköping. Projektet finansierades av Lantmännens VL-stiftelse.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Sofia Delin samt till Anders Jonsson och Leif Brohede på AnalyCen i Lidköping för deras engagemang. Jag vill även tacka Bo Stenberg för hjälp med provtagning, litteratur och resonemang kring resultaten. Till sist vill jag tacka Rose-Marie Ericsson vid Institutionen för markvetenskap för hjälp med analysering av mina jordprover.

Jon Orvendal

Innehåll

Förord	3
Innehåll	4
Sammanfattning	6
Summary	7
Inledning	9
Syfte	10
Bakgrund	10
Egenskaper hos studerade gödselmedel	10
Nötflytgödsel	10
Kycklinggödsel.....	10
Biofer.....	11
BioVinass	11
Mineralisering och immobilisering av kväve	11
Nedbrytning av organiskt material	12
Olika metoder att mäta mineraliserbart kväve	13
Inkubation.....	13
Extraktionsmetoder	13
Vilka metoder används för att analysera stallgödsel idag?	14
Kvävemineralisering från olika organiska material	14
Mineraliseringens beroende av kvävetts kvalité	16
Temperaturens och vattenhaltens påverkan på kvävemineraliseringen	16
Att förutspå kvävemineralisering från stallgödsel med hjälp av daggrader.....	17
Kvävemineralisering från organiska gödselmedel efter spridning.....	17
Resultat från växtodlingsförsök	19
Ekologiskt vårvete gödslat med BioVinass.....	19
Organiska gödselmedel i vårvete	19
Gödsling med BioVinass i höstvet	20
Material och metod	20
Gödselmedel.....	20
Inkubation.....	20
Beräkningar av jord- och gödselmängder	21
Kemiska analyser	21
Vattenextraktion	22
Jämförelse med inkubation i fält	22
Daggrader	22

Resultat	23
Inkubation.....	23
Samband mellan mineralisering och daggrader	24
Vattenextraktion	25
Diskussion	28
Samband mellan extraktion och inkubation	28
Kommentarer kring inkubationsförsöket	29
Att förutspå nettomineraliseringen med daggrader	31
Likheter och olikheter mellan lab- och fältförhållanden	31
Samband mellan odlingsförsök och laboratorieförsök.....	32
Slutsatser	33
Referenser	34
Litteratur.....	34
Personliga meddelanden.....	37

Sammanfattning

I dagens moderna jordbruk är det viktigt att optimera användandet av kväve, både ur ekonomisk- och miljömässig synvinkel. Detta kan vara särskilt svårt inom det ekologiska jordbruket där det dels kan vara svårt att tillgodose kvävebehovet och dels svårt att styra kvävet så att det finns tillgängligt när det behövs. Det ekologiska jordbruket använder även allt mer restprodukter från diverse industrier för att klara sitt kvävebehov. Dessa olika restprodukter innehåller till stor del organiska kväveföreningar som måste brytas ner och frigöras för att kunna tas upp av växter. Det skulle vara önskvärt med en standardiserad metod för att kunna ta reda på hur mycket av, och hur snabbt detta kväve kan frigöras.

Detta projekt försöker bidra med kunskap inom detta område genom att utreda hur man med relativt enkla och upprepningsbara laboratiemetoder kan värdera organiska gödselmedel med hänsyn till deras kväveeffektivitet. Inkubation i klimatskåp (15°C) och vattenextraktion testades på fyra olika gödselmedel. I inkubationsförsöket mättes hur snabbt kvävet mineraliserades. Vattenextraktionen gjordes för att utreda eventuella samband med mineraliseringen i inkubationsförsöket. Syftet var att utvärdera om metoderna kunde vara pålitliga för att förutsäga hur mycket som mineraliserades efter gödsling i fält. Inkubationerna jämfördes därför med tidigare utförda inkubationer under naturliga temperaturförhållanden i fält.

De organiska gödselmedlen blandades med jord och inkuberades i klimatskåp under 56 dagar. Vid 6 olika tidpunkter under denna period togs prover ut där mineralkväveinnehållet mättes. Resultatet visade en ganska snabb mineralisering från BioVinass (restprodukt från jästframställning) och Biofer (kött och bennmjöl) under de första två veckorna. Därefter förekom ingen ytterligare nettomineralisering. Både nötflytgödsel och kycklinggödsel innehöll en relativt stor del ammoniumkväve från början. Här förekom därför en nettoimmobilisering under den första veckan. Den andra veckan syntes en kraftig mineralisering från kycklinggödseln, vilket troligen berodde på nedbrytningen av urea. Efter den andra veckan förekom ingen ytterligare nettomineralisering. Nötflytgödseln däremot visade en långsam nettomineralisering ända fram till dag 56. Mellan 35 och 50 % av det totala kväveinnehållet hos gödselmedlen var i mineralform efter de första två veckorna. Därefter verkade mineraliseringen avta helt förutom hos nötflytgödseln. Detta tyder på att kväve kan delas in i en mer lättnedbrytbar och en mer svårnedbrytbar fraktion.

Inkubation på lab visar ungefär samma inkubationspotential som i fält, även om den i fält varierar mer mellan gödselmedel. Försök gjordes också att förutspå nettomineraliseringen med hjälp av daggrader, för att kunna översätta labvärdena till fältförhållanden. Detta visade sig svårt. Däremot fungerade det bättre att förutspå nitrifikationen med hjälp av daggraderna.

När inkubationsresultaten jämfördes med vattenextraktionerna verkade det kunna finnas ett svagt samband mellan andelen varmvattenextraherat kväve och andelen mineraliserat kväve i inkubationsförsöken bortsett från BioVinassen.

Summary

Within agriculture it is important to optimize the use of nitrogen, not only from an economic point of view but also to minimize damage to the environment. This can sometimes be difficult, especially within organic farming. Organic farmers are using increasing amounts of waste products from the food industry to cover their nitrogen needs. These different organic fertilizers release nitrogen at different rates and under specific soil conditions. Because of this, it would be beneficial to have a standardized method to measure the amount and rate of nitrogen mineralization from organic fertilizers.

This project contributes to this knowledge by investigating whether relatively simple and repeatable laboratory methods can be used to estimate the nitrogen fertilizer value of organic fertilizers. Incubation in a climate chamber was used to measure the mineralization rate, while water extraction was used to investigate possible relationships with mineralization in the incubation for four organic fertilisers: chicken manure, cattle slurry, Biofer (bonemeal) and Vinasse (waste product from the yeast industry). The objective was to evaluate whether these methods could reliably predict mineralization under field conditions. Incubation results were therefore compared with those of prior incubations under natural temperatures in field conditions.

The four fertilizers were mixed with soil and incubated in a climate chamber (15°C) for 56 days. Samples were removed on six occasions and the amount of mineral nitrogen was measured. The results showed that there was rather rapid mineralization from Biofer and Vinasse during the first two weeks (45-50 % of total N). After this period, no net nitrogen mineralization could be seen. Both chicken manure and slurry contained rather high amounts of mineralized nitrogen at the start (35-40 % of total N), but during the first week they showed net nitrogen immobilization, which is common with manure. In the second week the chicken manure showed rapid nitrogen mineralization (mineral N increased 10 percentage units to 50 % of total N), probably due to mineralization of urea, after which time net mineralization stopped. However, the slurry continued to show slow net mineralization (only a few percent) to the end of the 56-day period. Between 35-50% of the total nitrogen in all four fertilizers appeared to be in mineral form two weeks after application. To measure true mineralization, we would need more information on immobilization. The nitrogen appeared to be present in two different pools, one readily degradable and one more resistant to degradation.

Incubation in the laboratory showed approximately the same mineralization potential (40-50 % of total N) as incubation at field temperature, although variation between fertilizers was larger in the field. Attempts were made to predict net N mineralization in terms of day-degrees, to allow laboratory values to be converted to field conditions. However, this proved difficult, probably because there are too many processes involved. Nitrification, on the other hand, seemed easier to predict in terms of day-degrees.

Comparisons of incubation results with nitrogen and carbon in water extracts revealed a weak relationship between amount of total nitrogen extracted in warm water and amount of total mineralized nitrogen extracted in the incubation.

Inledning

I takt med att miljötankandet ökar i samhället ökar också kraven på att ta tillvara så mycket som möjligt av det avfall och de restprodukter som bildas vid industriernas tillverkningsprocesser. Dessutom är det naturligtvis ekonomiskt fördelaktigt att kunna sälja sina restprodukter. Några av dessa produkter har visat sig fungera utmärkt som gödselmedel inom jordbruket. För att maximalt kunna utnyttja kvävet i gödselmedlen behövs en metod för att kunna värdera det organiskt bundna kvävet växtnäringsvärde och hur fort det mineraliseras efter spridning. Detta för att veta när man bör sprida gödselmedlet för att så stor del av kvävet som möjligt ska kunna komma grödan till nytta. Dels är detta önskvärt ur ekonomisk synvinkel, dels är det viktigt för att inte orsaka kväveförluster som leder till påfrestningar för miljön. Troligt är också att användningen av organiska gödselmedel i någon form kommer att öka då vi strävar efter att öka kretsloppstänkandet i samhället. Redan idag finns en efterfrågan på standardiserade metoder för att värdera organiskt kväve.

Inom dagens ekologiska jordbruk räcker det inte alltid till med stallgödsling eller grüngödsling för att täcka kvävebehovet. Främst hos växtodlingsgårdar utan djur är behovet av extra kvävetillskott stort. På grund av detta har det ekologiska jordbruket fått se sig om efter andra tänkbara kvävekällor. De medel man funnit mest lämpliga för detta ändamål är, förutom olika typer av stallgödsel, just organiska restprodukter från livsmedelsindustrin. På grund av sitt höga näringsinnehåll konkurrerar även foderindustrin om en del av dessa restprodukter. De vanligaste restprodukterna som används som gödselmedel idag är köttmjöl, benmjöl och blodmjöl från slakteriindustrin och BioVinass som är en restprodukt vid jästtillverkning. Även kycklinggödsel i processad form används en del. Dessa gödselmedel presenteras närmare längre fram.

En av de största anledningarna till att man har svårt att värdera organiska gödselmedel beror på att huvuddelen av kvävet är bundet i organiska föreningar. Dessa föreningar måste brytas ned för att kvävet ska bli tillgängligt för växterna. I dagsläget görs ingen uppdelning av de organiska kväveföreningarna i gödselmedlen då det inte finns någon standardiserad metod tillgänglig för detta. Man vet dock att stora skillnader i nedbrytningshastighet föreligger. Det har också visat sig att stora delar av det organiska kvävet bryts ned så pass långsamt att det knappast blir tillgängligt för växterna inom överskådlig tid. Ändå benämns de organiska gödselmedlen utifrån dess totala kväveinnehåll och inom odlingsförsök jämförs de både sinsemellan och med mineralgödsel med avseende på totalkvävet. Resultaten riskerar då att bli missvisande. Dessutom riskerar effekten av gödselmedlet att inte bli det förväntade. Man försöker idag med hjälp av odlingsförsök kartlägga effektiviteten hos olika organiska gödselmedel. Dessa försök tar emellertid mycket lång tid och påverkas av många opåverkbara faktorer. Marknaden för de organiska gödselmedlen förändras också ständigt. Ändringar i regler, produktutveckling m.m. gör att medlen förändras och nya medel tillkommer. Det vore därför önskvärt att kvalitativt kunna värdera det organiska kvävet på något sätt. En fördel är om en eventuell analysmetod är så snabb och billig som möjligt och dessutom kan utföras på lab.

Syfte

Syftet med detta arbete var att utreda hur man med relativt enkla och upprepningsbara laboriemetoder kan värdera organiska gödselmedel med hänsyn till deras kväveeffektivitet. Inkubation i klimatskåp och vattenextraktion testades på fyra olika gödselmedel. I inkubationsförsöket mättes hur snabbt kvävet mineraliserades. Vattenextraktionen gjordes för att utreda eventuella samband med mineraliseringen i inkubationsförsöket. Syftet var att utvärdera om metoderna kunde vara pålitliga för att förutsäga hur mycket som mineraliserades efter gödsling i fält. Inkubationerna jämfördes med tidigare utförda inkuberingar under naturliga temperaturförhållanden i fält (Delin & Engström, 2006) för att se om man får ut samma information på laboratoriet som i fält. Dessa tester kompletterades med en litteraturgenomgång där tyngdpunkten låg på hur man värderat organiskt material tidigare och vilka analysmetoder man använt sig av. Resultaten från några tidigare gjorda odlingsförsök med organiska gödselmedel presenteras också.

Bakgrund

Egenskaper hos studerade gödselmedel

Nötflytgödsel

I flytgödsel som är en blandning av både träck och urin utgörs ca 60 % av totalkvävet av ammonium (Granstedt m.fl., 1998). Totalkväve i konventionell nötflytgödsel är enligt Steineck m.fl. (2000) ca 0,3 % av våtvikten. På grund av den höga ammoniumhalten rekommenderas en maximal giva på 30 ton ha⁻¹ år⁻¹. Ett inkubationsförsök utfört av Trehan (2000) visade att nettomineraliseringen av organiskt kväve i flytgödsel blandat med jord inte börjar förrän efter 1-2 månader. Inkubationen pågick under ett års tid vid 25°C. Efter ett år hade 49,1 % av det organiska kvävet i gödseln mineraliserats. Nettomineraliseringen var efter ett år däremot endast 26,3 %.

Kycklinggödsel

Kycklinggödsel är ett efterfrågat alternativ inom ekologisk odling då den är näringsrik och snabbverkande (Rodhe m.fl., 2000). Gödseln innehåller dels träck, dels strömaterial som oftast består av spån eller halm. Analyser som har gjorts på ett antal olika partier kycklinggödsel visade ett snittvärde för kol/kväveknoten på 11. Medelammoniumhalten var 0,6 % av våtvikten medan totalkvävehalten var 3,2 %. Medelvärdet för ts-halten var 69 %. Fåglar utsöndrar fekalt material, träck, tillsammans med urin i fast form (Richert Stintzing, 2001). Detta innebär att urinen utsöndras som urinsyra, en organisk kväveförening som är relativt lätt nedbrytbar. Undersökningar har visat att mellan 60 och 70 % av totalkvävet i färsk hönskötsgödsel föreligger som urinsyra, 20 till 30 % som övrigt organiskt bundet kväve och resten som ammoniumkväve. Detta innebär att gödseln är mer lättomsättbar i marken än exempelvis fast stallgödsel från nöt och svin där andelen organiskt bundet kväve kan vara mellan 50 och 100 % av totalkvävet. Urinsyran bryts ner i flera steg och slutprodukterna är ammoniak och koldioxid. Processen påverkas av temperatur, pH-värde och vattenhalt. Vid lagring av fjäderfägödsel med lite lägre ts-halt har försök visat att den mesta urinsyran hunnit brytas ned (Kirchmann, 1991).

Biofer

Biofer är en restprodukt från slakteriindustrin bestående av kött-, blod- och benmjöl (Bergman, 2000). Den tillverkas av Gyllebo Gödning som ägs av Svenska Lantmännen. Analys av Biofer har visat att endast ca 2 % av det totala kväveinnehållet fanns i form av ammonium (Lundström & Lindén, 2001). Kvävet i Biofer består huvudsakligen av lättmineraliserade proteiner (Wivstad, 1996). Köttmjöl har enligt Hill (2002) en kol-kvävekvot på omkring 5 medan motsvarande värde för benmjöl är ca 8. Biofer finns i olika varianter. Två exempel är Biofer 9-4-0 och Biofer 7-9-0, där siffrorna anger procenten kväve, fosfor och kalium av gödselmedlets vikt. Den sistnämnda passar bra på fosforfattiga jordar.

BioVinass

BioVinass är en melassliknande restprodukt efter jästillverkning (Steineck m.fl., 2000). Vid Sveriges enda jästfabrik, Jästbolaget, utanför Stockholm utvanns 2002 ca 5000 ton BioVinass. Vid framställningen av jäst används bland annat betsockermelass, ammoniaklösning och fosforsyra (Homman, 2002). Spillvatten bildas vilket innehåller en hög andel kväve, kalium och fosfor. Detta spillvatten indunstas varvid en av de återstående produkterna blir BioVinass. Enligt Bergman (2000) har BioVinass en ammoniumhalt av 0,25 % och en totalkvävehalt på 4 % av våtvikten. Kvävet är till största delen bundet i proteiner och därmed lättomsättbart (Jerkebring, 2000). Erfarenheterna av BioVinass är varierande (Hill, 2002). Effekten av BioVinassen verkar vara mycket beroende av markfukten för att kvävemineraliseringen ska ta fart varför inblandning med flytgödsel eller urin gett goda resultat.

Mineralisering och immobilisering av kväve

Här görs en liknelse mellan kväve i jord och kväve i gödselmedel för att beskriva begreppen mineralisering och immobilisering. Mängden lättnedbrytbart kväve är dock i normala fall alltid mycket större hos ett gödselmedel än hos jord. I stort sett hela förrådet av kväve i jorden är bundet i organiska substanser d.v.s. mullämnen växtrester och markorganismer (Steineck m.fl., 2000). Detsamma gäller för en relativt stor del av kvävet i organiska gödselmedel, men mängden lättnedbrytbart- eller mineraliserat kväve där är större. Det finns ett nära samband mellan totalmängd kväve i mark och mullhalten. På grund av dessa mer eller mindre nedbrytbara organiska marksubstanser finns inte alltid tillräckligt med kväve till växterna även om kväveinnehållet i jorden är högt. Det finns dock rikligt med mikroorganismer i marken som livnär sig på att bryta ner dessa organiska föreningar till enklare molekyler. I denna process frigörs kväve som ammoniak, NH_3 , vilket sedan i marken omvandlas till ammonium, NH_4^+ . Ammoniumkvävet är växttillgängligt mineralkväve och därför kallas denna process för mineralisering. Det finns många olika typer av organiskt material som är olika svåra att bryta ner och därför skiljer sig mineraliseringshastigheten mycket beroende på materialets sammansättning. Kväve kan dessutom både frigöras från och bindas till organiskt material. Skillnaden mellan mineralisering och fastläggning (immobilisering) brukar man kalla nettomineralisering (Steineck m.fl., 2000). Om denna är negativ talar man om en nettoimmobilisering.

Yttre faktorer som temperatur och fuktighet påverkar mineraliseringen. Försök har gjorts som visar att mineraliseringen går betydligt långsammare i marken under torra förhållanden (Miller & Johnson, 1964). Gödselmedel som innehåller organiskt bundet kväve bör alltså mineraliseras långsammare vid torra förhållanden. Det styrks också i försök gjorda på Lanna försöksstation i Västergötland (Bergman, 2000).

I vilken utsträckning mikroorganismerna själva lägger beslag på frigjort kväve bestäms av hur

mycket energi materialet innehåller i förhållande till dess kväveinnehåll (Steineck m.fl., 2000). Detta uttrycks med den så kallade kol-kväveknoten. Så länge denna kvot är väsentligt högre än 20 som i t.ex. stråsådeshalm eller obrunnen stallgödsel, tar mikroorganismerna själva hand om allt frigjort kväve. För att kunna utnyttja materialets hela energiinnehåll tar mikroorganismerna dessutom kväve från omgivningen. Detta leder då till en fastläggning av mineralkvävet, d.v.s. immobilisering. Under nedbrytningen av det organiska materialet minskar kol-kväveknoten. När denna kvot sjunker under 20 börjar mer kväve frigöras än vad som fastläggs och återigen sker en nettomineralisering.

Kvävet pendlar inte bara mellan organiska former och mineralkväve i marken (Steineck m.fl., 2000). Det kan dessutom försvinna helt och hållet från marken genom utlakning eller denitrifikation. Utlakning innebär kort och gott att kvävet rinner bort med markvattenflödet. Denitrifikation är en mikrobiell process och innebär att nitratkväve återgår till luften i form av kvävgas. Denitrifikationen är svår att mäta och är beroende av faktorer som vattenhalt, temperatur och framförallt syretillgång i marken.

Nedbrytning av organiskt material

Det är ett känt faktum att olika typer av organiskt material bryts ned olika fort. Här följer därför en ganska generell illustration av detta (tabell 1). En vanlig uppdelning av organiska material i marksammanhang är att man skiljer på den labilare mer lättnedbrytbara fraktionen och en stabilare svårnedbrytbar fraktion (Janssen, 1984). Några av de föreningar som hör till den förstnämnda gruppen är socker, cellulosa och proteiner.

Tabell 1: Återstående andel organiskt material (%) efter inblandning i jord (efter Janssen, 1984).

Material	Antal år efter applicering					
	0	1	2	3	5	8
Grönmassa	100	20	10,5	7	4,5	3
Halm	100	38	23	18	14	10
Förna	100	57	43	34	23	14
Stallgödsel	100	60	42	33	25	19
Hår	100	72	55	44	32	27
Sågspån	100	75	63	54	40	27
Torv 1	100	77	64	55	43	Ej uppmätt
Torv 2	100	85	77	71	61	51
Torv 3	100	91	84,5	79	70	61
Torv 4	100	96	93	90,5	86,5	82

Olika metoder att mäta mineraliserbart kväve

Inkubation

Inkubation innebär att man låter mikrobiella processer fortgå under vissa temperaturförhållanden. Inkubation av gödsel kan t.ex. göras för att studera hur de mikrobiella processerna påverkar kol- eller kväveomsättning genom att mäta t.ex. koldioxidutveckling eller mineralkvävemängder under inkubationens förlopp. Fördelen med metoden är att man kan kontrollera olika faktorer som t.ex. temperatur, fuktighet och lufttryck. I vissa fall kan inkubation vara den enda utvägen om man vill försäkra sig om att ha så god kontroll som möjligt på försöket. Nackdelen är dock att inkubation tar tid och kan vara ganska arbetsintensiv. Det handlar ju om en process som behöver en viss tid på sig. Detta gör att metoden är något kostsam och att man inte kan få fram snabba resultat med tydliga utslag. Inkubation är en sedan länge använd metod för att under kontrollerade former studera olika biologiska och kemiska förlopp. T.ex. har man studerat kvävemineralisering från olika organiska material med hjälp av inkubation. Dels kan man jämföra olika material, dels kan man variera förhållandena och studera effekterna av detta. Längre fram redovisas ett antal försök där man testat några olika förlopp med hjälp av inkubation.

Extraktionsmetoder

Då inkubation på laboratorium är en tidskrävande process vore det önskvärt om den kunde ersättas av snabbare metoder. Ett tänkbart alternativ skulle kunna vara en extraktionsmetod som extraherar ut kväve proportionerligt med vad som skulle ha mineraliserats under en växtsäsong. Curtin (2006) undersökte huruvida man kan kvantifiera det mineraliseringsbara kvävet hos ett organiskt material i marken genom att mäta dess löslighet i varmt vatten. Förutom vatten med olika temperaturer så kan man extrahera med andra kemikalier. Teoretiskt sett skulle ett mildt extraktionsmedel vara överlägset ett starkt vilket oftast orsakar hydrolys av stabilare föreningar. Extraktion av NDF (neutral detergent fibres) görs t.ex. med ett pH-neutralt lösningsmedel (Goering & Van Soest, 1970). Exempel på sådana kan vara EDTA, dinatriumvätefosfat eller destillerat vatten.

Curtin m.fl. har påvisat att det är möjligt att med en varmvattenlösning beskriva kolmineraliseringen i jord. Curtin (2006) fann också ett samband mellan extraherbart kol och extraherbart kväve. Det är troligt att ett liknande resultat inte skulle uppnås med olika organiska gödselmedel, eftersom de inte har en lika enhetlig kol/kväve kvot som jord. Detta försök gäller alltså enbart för jord och några kända liknande försök med gödselmedel finns inte.

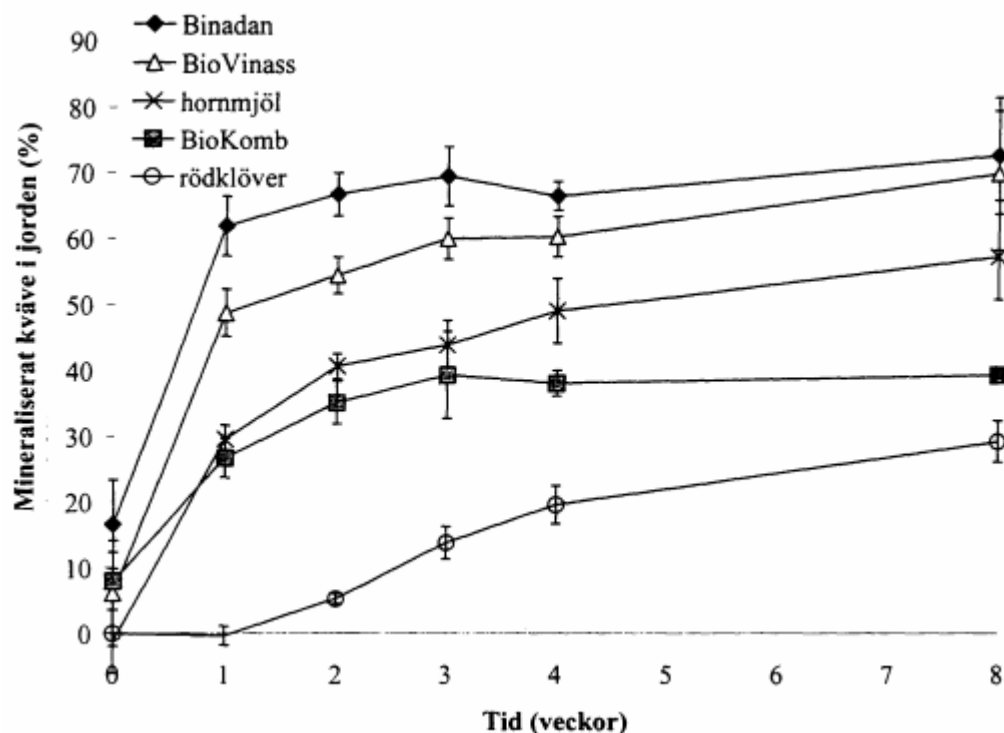
För att testa stabiliteten hos det kväve som extraherats vid varmvattenextraktionen gjorde Curtin (2006) en syrabehandling. Genom denna behandling hydrolyserades 20- 30% av det organiska extraherade kvävet till mineralkväve eller lösligare former av organiskt kväve. Testet visade att det organiska kväve som inte hydrolyserades var mycket motståndskraftigt och svårnedbrytbart. Inte ens om man förlängde syrabehandlingen från 6 till 16 timmar så blev den hydrolyserade mängden kväve särskilt mycket större. Det kväve som extraherades med varmvatten har inte karaktäriserats. Det är dock känt att det organiska kvävet i naturliga markvattenlösningar är en ganska heterogen blandning bestående av allt från enkla aminosyror till polyfenolföreningar med stor molekylvikt. Resultaten från försöket visade också att den fraktion som kan extraheras med varmvatten extraheras ganska fort och efter detta händer inte så mycket mer även om man förlänger extraktionstiden. Varmvattenextraktionen fick med ca 6 % av totalkväveinnehållet.

Vilka metoder används för att analysera stallgödsel idag?

Det traditionella sättet att värdera flytgödsel går ut på att man skickar in ett prov till ett laboratorium för analys. Vanligtvis analyseras då gödseln på totalkväve (t.ex. genom kjeldahlsmetoden) och ammoniumkväve. Bra vore dock om det fanns någon snabbare metod som kan utföras hemma på gården och därmed ge ett resultat direkt. Stallgödsel av olika slag kan ju variera mycket i sammansättning och näringsinnehåll. Det skulle därför vara önskvärt att varje gård som använder stallgödsel vet vad deras gödsel innehåller från ett tillfälle till ett annat. Fastgödsel är ofta svår att provta på ett representativt sätt då den sällan är homogen, medan flytgödsel är lättare då den går att blanda. Metoder för att värdera flytgödseln direkt på gården är dock inget nytt. De test som finns kommersiellt att tillgå på gårdsnivå i dag baseras på den så kallade hypoklorit-oxidationsmetoden. För att resultaten från dessa ska bli pålitliga krävs att flytgödseln är homogen eftersom man tar enstaka prov ur brunnen. För att hitta en snabbare och mer pålitlig metod har en rad olika försök gjorts där man mätt näringsinnehåll i gödseln med sensorer. Det har t.ex. visat sig finnas ett starkt samband mellan totalkväveinnehåll, ammoniuminnehåll och elektrisk konduktivitet hos gödseln (Scotford m.fl., 1998; Moral m.fl., 2004). Data från Storbritannien, Irland och Tyskland insamlade från minst 20 olika grisgårdar och 20 olika nötgårdar styrkte detta (Scotford m.fl., 1998). Metoden är tänkt att snabbt och enkelt kunna nyttjas ute på gårdarna då hela gödselbrunnens värde mäts utan att omrörning krävs. Här får man alltså ett resultat från hela brunnen och ej enbart från ett antal prover vilket helt eliminerar en stor potentiell felkälla.

Kvävemineralisering från olika organiska material

År 2000 genomförde Jerkebring ett åtta veckor långt inkubationsförsök med organiska gödselmedel på Trädgårdsförsöksstationen i Uppsala, Sveriges lantbruksuniversitet. Leveransen av kväve från fyra specialgödselmedel och ett marktäckningsmaterial studerades. Syftet med försöket var att efterlikna fältförhållanden i möjligaste mån. Medlen som undersöktes var Binadan 6-3-12, BioKomb 6-2-12, hornmjöl 9-8-1 och BioVinass 4-0-6. De två förstnämnda består av pelleterad och kaliumberikad kycklinggödsel medan hornmjöl är en restprodukt i pulverform från slakteriindustrin. Marktäckningsmaterialet utgjordes av rödklöver. Försöket utfördes på en grovmo och en mellanlera. Gödselgivan eftersträvades att likna en mineralkvävegiva på 50 kg N ha^{-1} . Kvävemineraliseringen skiljde sig inte signifikant åt mellan de båda jordarna och resultaten slogs samman.



Figur 1: Mineraliseringen hos de olika medlen presenterat som andel mineraliserat kväve i jorden av total kvävetillförsel. Standardavvikelse visas i respektive provpunkt (Ur: Jerkebring, 2000).

Som man kan se i figur 1 så uppmättes högst andel mineraliserat kväve i jorden med Binadan och BioVinass följt av hornmjöl, BioKomb och rödklöver i fallande ordning. Från specialgödselmedlen frigjordes den allra största delen av kvävet under den första veckan. Frigörelsen av kväve fortsatte under vecka två och tre i en jämn, men lägre takt än under den första veckan. Under resterande tid av försöket fortsatte mineraliseringen men med en fortsatt avtagande hastighet. Få provtillfällen under sista delen gör det emellertid svårt att avgöra när mineraliseringen avstannat.

Hos rödklövern dröjde det en vecka innan nettomineraliseringen kom igång. Från andra till fjärde veckan frigjordes kväve i jämn takt. Även här fortsatte mineraliseringen under försökets sista fyra veckor men i en lägre takt.

Att resultatet inte skiljde sig signifikant åt mellan jordarterna var oväntat då finkorniga jordar generellt omsätter organiskt material långsammare (Ladd & Parsons 1977; Ladd & Amato, 1980; Christensen, 1987). En orsak till detta kan därför vara att partikelstorleken hos jordarna inte skiljde sig åt tillräckligt mycket. Hos Binadan och BioKomb blandades gödseln ner i jorden i form av pellets. Tillförsel av gödsel i form av pellets kan resultera i att de skyddande egenskaperna i en ler- eller mjälajord får minskade betydelse på grund av mindre kontakt mellan gödselmedel och jord. Den främsta förklaringen till skillnaden i mineralisering hos de olika gödselmedlen är deras skilda innehåll av lättomsättbart kväve. Binadan innehåller t.ex. en hög andel urinsyra som snabbt omvandlas till mineralkväve i jorden. Kvävet i BioVinass, som också uppvisade en hög mineralisering, är till stor del bundet i form av proteiner som är mycket lättomsättbara.

Raupp (2005) gjorde ett inkubationsförsök vid 25°C för att studera kvävemineraliseringen hos fyra olika organiska gödselmedel. Dessa var Fababönmjöl, Luzernmjöl, stallgödsel (fast) och castorbönmjöl som är en restprodukt vid oljeframställning från castorbönan. Kväve frigjordes

relativt snabbt från de olika bönmjölen. Vad som dock är intressantare i denna studie är att stallgödseln uppvisar en svag nettoimmobilisering vilket inte är ovanligt vid stallgödelspridning. Tre veckors inkubationstid är dock en ganska kort tid.

Mineraliseringens beroende av kvävetts kvalitet

Jensen m.fl. (2005) studerade mineraliseringen av kol och kväve från växtmaterial uppdelade i olika plantdelar. Kväveparametrarna som mättes var totalkväve, kväve i vattenlösligt material, NDS (neutral detergent soluble material), cellulosa, hemicellulosa och lignin. De tre sistnämnda fraktionerna innehåller inget kväve i sin kemiska struktur men extraktionen kan innehålla kväveföreningar låsta i fysiska strukturer (Stenberg, 2007). Plantmaterialen blandades med en sandig jord och inkuberades i 15°C i 217 dagar. Mineralkväveinnehållet hos proverna övervakades regelbundet. Totalkväveinnehållet hos de ursprungliga växtdelarna varierade stort och C/N- kvoten varierade mellan 7 och 227. Detta betyder egentligen att det var kväveinnehållet som varierade eftersom kolmängden i den här typen av växtmaterial är relativt enhetlig.

Det visade sig att hela 84 % (medelvärde) av totalkvävet fanns i NDS fraktionen. De första 21 dagarna fanns ett starkt samband mellan mineralisering och vattenlösligt kväve. Därefter kunde den ackumulerade mineraliseringen i stället korreleras till totalkväveinnehåll och NDS kväve.

Även Bending m.fl. (1998) genomförde ett försök där man studerade nettokvävemineraliseringen från ett antal skott- och rotdelar från växter. Växtmaterialet blandades med en sandig jord och inkuberades under kontrollerade klimatförhållanden under 6 månader. Precis som Jensen m.fl. (2005) kom fram till så visade det sig även i detta försök att de kvalitetskomponenter som kontrollerar kvävemineraliseringen förändras under nedbrytningsprocessen. I det inledande skedet fanns ett samband mellan mineralisering och vattenlösligt fenolinnehåll vilket även styrktes av ett försök utfört av Trinsoutrot m.fl. (2000). Efter en tid visade sig även ett samband mellan mineralisering och vattenlösligt kväve och cellulosa-innehåll. Först mot slutet av inkubationsperioden kunde den ackumulerade mineraliseringen korreleras till C/N- kvot och totalkväveinnehåll. Man tittade även på vad som karaktäriserade det kol och kväve som fanns kvar i slutet av inkubationen. Både kol och kväveinnehållet i slutet kunde korreleras till cellulosa-innehåll vilket även till stor del är beroende av de ursprungliga egenskaperna hos växtmaterialet. Cellulosa innehåller ju som bekant inget kväve. Däremot kan mindre kväveföreningar på ett fysikaliskt sätt stängas in i cellulosastrukturen och därefter vara instängda där tills att cellulosan bryts ner (Bergström & Stenström, 1998). Hos några av de växtmaterial innehållande lägst andel cellulosa och högst andel vattenlösligt kväve hade en större mängd kväve frigjorts än vad som hade tillförts med växtmaterialet vilket betyder att en nettomineralisering i jorden skett (Bending m.fl., 1998).

Temperaturens och vattenhaltens påverkan på kvävemineraliseringen

Mineraliseringen från organiska kvävekällor påverkas till stor del av miljön i jorden (Agehara & Warncke, 2006). Ett försök gjordes därför för att utreda vilken påverkan temperatur och vattenhalt hade på kvävemineraliseringen. Urea, blodmjöl, luzernpellets och delvis komposterad kycklinggödsel inkuberades med jord vid 50, 70 och 90 % av jordens vattenhållande kapacitet. 3 olika temperaturer testades. Dessa var (15/10, 20/15 och 25/20°C [14/10 h]). Ammonium- och nitratkväve mättes regelbundet under en 12-veckorsperiod. Nettokvävemineraliseringen som andel av totalt organiskt kväve hos de olika organiska

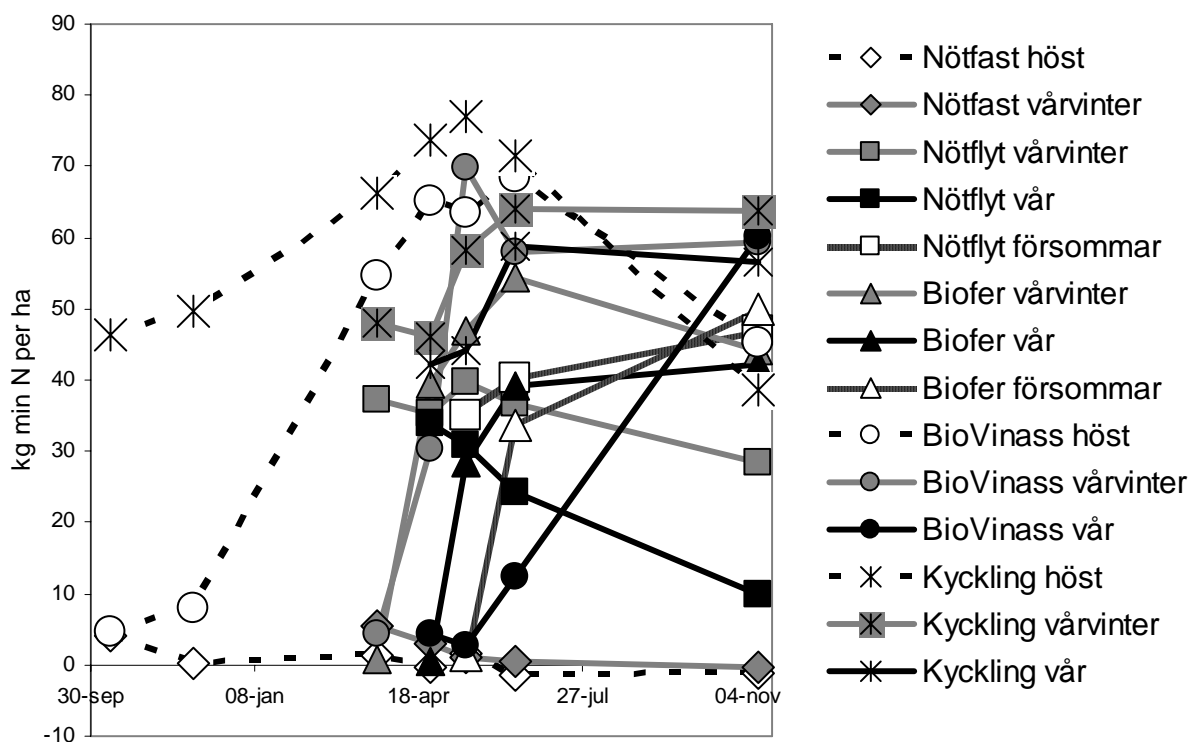
materialen var: Urea (91–96%) > blod mjöl (56–61%) > luzernpellets (41–52%) > delvis komposterad kycklinggödsel (37–45%). Ökande fuktighet ökade mineraliseringen från luzernpellets och kycklinggödseln med 12 respektive 21 %. Mineraliseringen från urea och blodmjöl påverkades däremot inte signifikant. Ökande temperatur ökade mineraliseringen från luzernpellets, blodmjöl och kycklinggödsel med 25, 10 och 13 % men påverkade inte signifikant mineraliseringen från urean. Dessa resultat tyder på att temperaturen och vattenhaltens påverkan på kvävemineraliseringen beror på vilken typ av organiskt material man har att göra med.

Att förutspå kvävemineralisering från stallgödsel med hjälp av daggrader

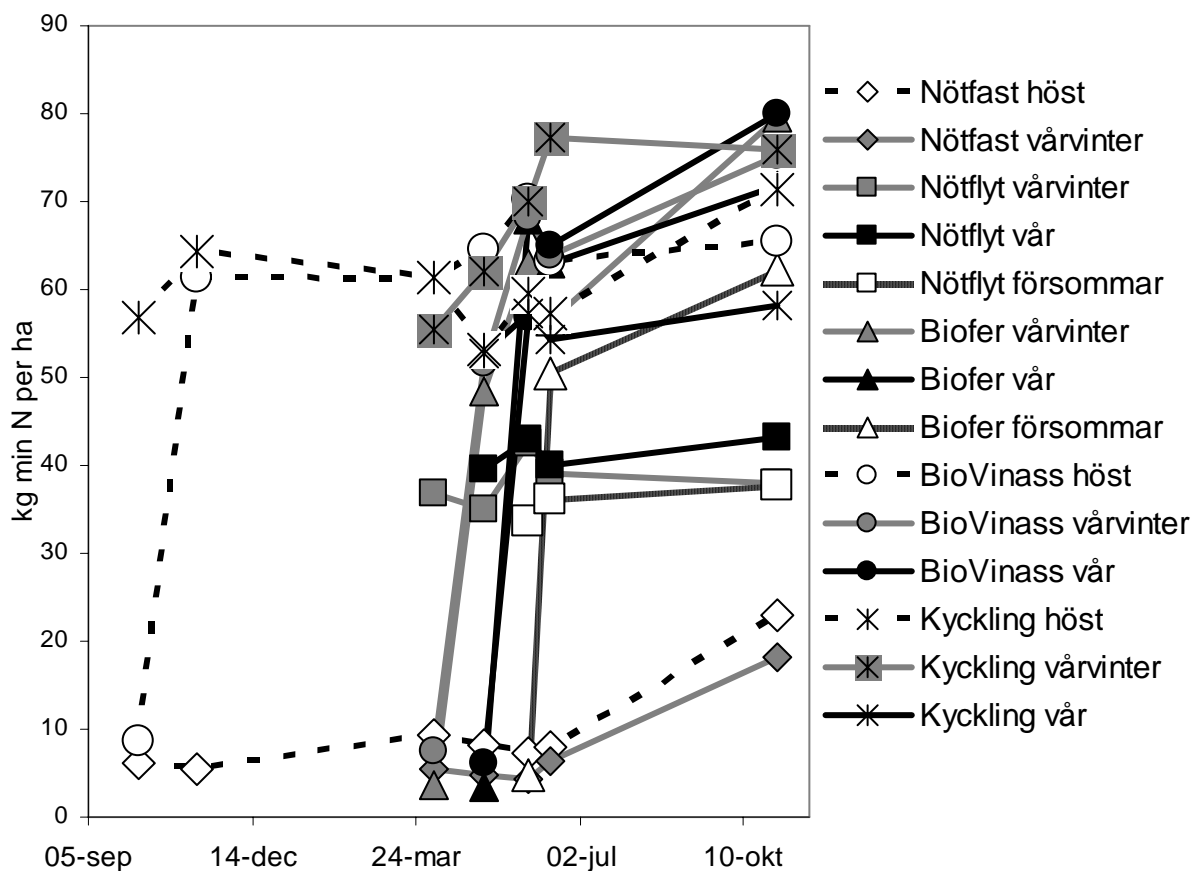
Griffin & Honeycutt (1998) genomförde ett inkubationsförsök där man försökte förutspå nettomineraliseringen efter stallgödelspridning med hjälp av så kallade ”growing degree days (GDD)”, eller daggrader. Detta går ut på att man ska kunna förutspå hur mycket kväve som mineraliseras från ett organiskt gödselmedel och hur fort denna process går utifrån att man vet hur många dagar som processen pågått och hur många grader C^o det varit under dessa dagar. Burkar med Nötgödsel, svingödsel och hönsgödsel blandat med jord inkuberades i 10 C^o, 17 C^o och 24 C^o. Jord och gödsel blandades till en kvävegiva motsvarande 150 kg N ha⁻¹. Provtogs ut och analyserades veckovis med avseende på ammonium och nitrat. Ackumuleringen av nitrat i proven med svin- och hönsgödsel ökade med ökande temperatur. Förändringen av nitratmängden visade sig gå att förutspå utifrån ett exponentiellt samband till GDD. I nötgödseproven fick man i stället immobilisering av kväve. Här kunde man förutspå fastläggningen av ammonium genom en linjär funktion av GDD. Man lyckades däremot inte förutspå vare sig nettomineraliseringen eller hur mängden organiskt kväve förändrades i proven. Det finns ingen säker anledning till varför detta inte fungerade. Det troligaste är dock att nettomineralisering och nettoimmobilisering påverkas av en mängd olika processer vilka påverkas av olika saker.

Kvävemineralisering från organiska gödselmedel efter spridning

Detta examensarbete utfördes parallellt med ett inkubationsförsök som skedde under naturliga temperaturförhållanden ute i fält (Delin & Engström, 2006). Försökets syfte var att studera mineraliseringsförloppet av kväve efter gödsling med nötgödsel (fast- och flyt-), kycklinggödsel, köttbenmjöl (biofer), och BioVinass under naturliga temperaturförhållanden efter olika spridningstidpunkter. Försöket utfördes genom inkubation av jord och gödsel i plastflaskor som grävts ner i marken vid förutbestämda spridningstillfällen. De förbestämda spridningstillfällena var hösten, vårvintern, vid vårsådd, samt senare på våren/försommaren. Resultaten (figur 2 & 3) visar att kvävet i BioVinass och biofer mineraliseras ungefär lika snabbt, och att drygt hälften av totalkvävemängden (50-70 av 100 kg total N ha⁻¹) är mineraliserad inom ca 1,5 månad efter alla spridningstidpunkter. Någon ytterligare nettomineralisering visar sig inte i dessa försök. Nötflytgödsel och Nötfastgödsel visar ingen stor nettomineralisering. Mineralkvävemängderna verkar snarare minska i vissa led. Kycklinggödseln har ganska hög mineralkvävemängd från början men ökar från ca 40-50 kg N ha⁻¹ till ca 60-70 kg N ha⁻¹ i de flesta fall.



Figur 2: Mineralkvävemängd i olika gödslingsled vid olika mättillfällen under försöksåret 2004/2005, där totalkvävet i gödslingsgivan var 100 kg N ha^{-1} (Ur: Delin & Engström, 2006).



Figur 3: Mineralkvävemängd i olika gödslingsled vid olika mättillfällen under försöksåret 2005/2006, där totalkvävet i gödslingsgivan var 100 kg N ha^{-1} (Ur: Delin & Engström, 2006).

Resultat från växtodlingsförsök

De växtodlingsstudier som gjorts på organiska gödselmedel i Sverige de senaste åren är ganska få. De studier som redovisas här är dock relativt omfattande vilket gör dem intressanta. Anledningen till att två av försöken handlar om vårvete är att det är enbart vårvete som ekologiska odlare har varit tvungna att få upp proteinhalten till en viss nivå för att få sälja som brödvete.

Ekologiskt vårvete gödslat med BioVinass

År 2000 lades två ut två försök med BioVinass ut Löf & Sörby (2000), ett utanför Uppsala och ett på Brunnby gård utanför Västerås. Växtillgängligt kväve mättes innan sådd på båda platserna innan BioVinassen bredspreddes och harvades ned. Gödslingseffekterna studerades i en kvävestege med 0, 40, 80 och 120 kg N ha⁻¹. I Hånsta blev skördarna relativt låga (2-3 ton per ha) med goda proteinhalter. På Brunnby blev skördarna något högre (2-3 ton per ha). Gödningen gav skördeökningar motsvarande endast 4-5 kg per kg totalkväve i BioVinassen på båda platserna. Proteinhalten på Hånsta höjdes från 12 % i ogödslad led till 12,9 % med 120 kg N. I ogödslad led på Brunnby låg proteinhalten på 11,8 % och steg till 12,7 % med den högsta kvävegivan. Nederbörden var från sådden ända fram till slutet av maj mycket låg vilket ledde till att grödan hade svårt att tillgodogöra sig det tillförda kvävet. Under juli och augusti var nederbörden i stället riklig vilket gynnade mineraliseringen och grödans kväveupptag. Detta avspeglar sig på höjda proteinhalter i gödslade led.

Organiska gödselmedel i vårvete

Åren 2001 – 2003 gjordes en försöksserie på ett antal platser i Mellansverige med organiska gödselmedel till vårvete (Gruvaeus m.fl., 2003). Försökets mål var att jämföra olika organiska gödselmedels effekt och därmed bidra till underlag för att beräkna gödslingsbehov och lönsamhet. Försöken var lagda på konventionellt brukad mark med kvävefattiga förfrukter för att kväveeffekterna skulle bli möjliga att säkerställa. I dessa försök hade BioVinass en bättre effekt än i försöken i Mälardalen (Löf & Sörby). Skördeeffekten av BioVinass låg mellan 9 och 13 kg och av Biofer mellan 12 och 20 kg per kg tillfört kväve.

Viss variation i effekt av gödselmedlen förekom mellan de olika platserna. Bioferprodukterna hade hygglig effekt jämfört med mineralgödsel i alla försöken medan BioVinass varierade mera. BioVinassen fungerade bättre där sådden gjordes tidigt och det kom mera regn efter sådd medan effekten var sämre vid torrare förhållanden och en senare sådd. Dessa fakta har visat sig gälla för alla de tre åren. Kväveeffektiviteten beräknad som bortförd kvävemängd i kärna/tillförd kvävemängd i gödselmedlet var i genomsnitt ca 40 – 50 % för mineralgödseln. Med kombisådd förbättrades effektiviteten hos mineralgödseln. Någon sådan förbättring kan man däremot inte se hos biofer. Om man jämför den relativa effekten av de organiska gödselmedlen med mineralgödsel visar bioferprodukterna ca 80 % N-effekt jämfört med mineralgödsel. Trots att bioferprodukterna varierat något i sammansättning under åren har kväveeffekten varit likartad. När det gäller BioVinass var den relativa kväveeffekten över tre år jämfört med mineralgödselmedel 55 %. Kycklinggödseln skiljer sig inte signifikant från de övriga organiska gödselmedlen men tendensen till lägre effekt finns. Effekten av Biofer får anses vara mycket god för att vara ett organiskt gödselmedel. BioVinass bör sannolikt användas så att den myllas ordentligt och därmed hinner omsättas enligt Gruvaeus m.fl. (2003).

Gödning med BioVinass i höstvet

Under åren 2004-2006 gjordes ett antal försök med BioVinass i höstvet där man studerade olika tidpunkter och tekniker för spridning (Karlsson, 2007). Sex försök genomfördes i Mälardalen. Eftersom kvävet i BioVinassen föreligger i organisk form, och måste mineraliseras innan växten kan ta upp det, är det intressant att studera vid vilken tid det förefaller optimalt att sprida på våren. Dels provade man att sprida i mitten av april och dels lite senare, vid normal tidpunkt för vårbruk. Resultaten skiljer sig åt ganska mycket mellan de tre åren vad gäller skörd. Däremot har den senare spridningen i medeltal gett en högre proteinhalt än den tidigare under samtliga tre år. Det är troligt att variationen i skörd mellan åren kan bero på varierande vattentillgång. Om det enbart är vattentillgången eller tidpunkten för spridning i sig som avgör om BioVinassen hinner mineraliseras i tid är dock inte säkerställt. Slutsatsen av detta blir ändå att en tidig spridning är att föredra i försommartorra områden, men finns det bara vatten så kan man lika gärna sprida vid vårbruket (Karlsson, 2007).

Material och metod

Gödselmedel

Gödselmedlen som undersöktes var Biofer 7-9-0, BioVinass, nötflytgödsel och kycklinggödsel plus ett kontrollprov med bara jord. Värden på TS-halt och totalkväveinnehåll i de olika gödselmedlen var analyserade på förhand (tabell 2). Totalkvävehalten hos gödselmedlen hade bestämts med Kjeldahlsmetoden.

Tabell 2: Analysvärden för BioVinass, kycklinggödsel, nötflytgödsel och Biofer. Kvävehalterna avser g kg⁻¹ våtvikt.

Analys	BioVinass	Kycklinggödsel	Nötflytgödsel	Biofer
Ts-halt	63,9 %	35,1 %	8,7 %	91,6 %
Totalkväve (Kjeldahl)	35,0 g kg ⁻¹	20,0 g kg ⁻¹	2,9 g kg ⁻¹	67,0 g kg ⁻¹
Ammoniumkväve (Kjeldahl)	2,0 g kg ⁻¹	9,1 g kg ⁻¹	1,3 g kg ⁻¹	5,0 g kg ⁻¹
C/N - kvot	7	13	23	4

Inkubation

Gödselmedlen i tabell 2 blandades med jord i burkar och inkuberades i klimatskåp under sex veckor. Försöksserien utfördes med tre upprepningar. Gödselmedel tillfördes för att motsvara en giva på 100 kg N ha⁻¹.

Jorden som användes till proverna utgjordes av måttligt mullhaltig, lerig mjord, som hämtades från Hushållningssällskapet Skaraborgs försöksgård Götala nära Skara i Västergötland. Jorden sållades och vatten tillsattes för att uppnå en ungefärlig vattenhalt av 15 % förutom den jord som blandades med flytgödseln som eftersträvades att ha ca 5 %. Därefter blandades jord och gödsel enligt tabell 3.

Eftersom antalet provtagningstillfällen var bestämt till 6 st. och antalet upprepningar var 3 st. så blandades 18 st. provburkar av varje gödselslag och märktes. Även 18 st. kontrollprov med enbart jord blandades. Provburkarna placerades sedan på tre brickor täckta med plast för att hålla en jämn fuktighet. För att inte det skulle råda syrebrist låg plasten luftigt och avlägsnades tillfälligt för att släppa in luft då och då under försökets gång. För att inte eventuell skillnad mellan brickorna skulle påverka resultatet placerades de tre upprepningarna på var sin bricka. Brickorna inkuberades sedan i klimatskåp vid en temperatur av 15° C.

Sex stycken uttagningstillfällen bestämdes till: 0, 3, 7, 14, 28 och 56 dagar efter inkubationens början. Vid varje uttagningstillfälle tömdes var och en av de tre upprepningarna, hos de 5 olika proverna, i plastpåsar som märktes och omedelbart frystes.

Beräkningar av jord- och gödselmängder

100 kg N ha⁻¹ motsvarar följande mängder av de olika gödselmedlen:

BioVinass:	100kg ha ⁻¹ /35 g/kg = 2,86ton ha ⁻¹
Biofer:	100kg ha ⁻¹ /67 g/kg= 1,49ton ha ⁻¹
Flytgödsel:	100kg ha ⁻¹ /2,9 g/kg= 34,48ton ha ⁻¹
Kycklinggödsel:	100kg ha ^{-20/1} g/kg= 5 ton ha ⁻¹

Vid beräkningar av jordmängden på ett hektar uppskattades gödseln blanda sig med en jordvoly m motsvarande 2 cm djup.

Mängden jord på ett ha blev då 1000000 dm² * 0,2 dm = 200000 dm³.

Jordens densitet antogs vara 1,25 kg (dm³)⁻¹ vilket gav en vikt på 200000 * 1,25kg (dm³)⁻¹= 250000 kg

Jordmängd = 250000kg/ 0,85 = 294 117,65 kg.

% Kycklinggödsel per provburk = 5000kg/ 294117,65kg + 5000kg= 0,0167 (1,67 %).

130 g i varje provburk varav 1,67 % kycklinggödsel = 2,17 g burk⁻¹.

Övriga gödselmedelsblandningar räknades fram på samma sätt och redovisas i tabell 3 nedan.

Tabell 3: Provburkarna blandades till följande proportioner jord och gödsel.

	BioVinass	Biofer	Flytgödsel	Kycklinggödsel
Gödselmängd (g)	1,25	0,66	13,64	2,17
Jordmängd (g)	128,75	129,34	116,36	127,83
Totalvikt (g)	130	130	130	130

Kemiska analyser

För att bestämma mineralkväveinnehållet analyserades proverna på Institutionen för markvetenskap på SLU, Ultuna. Först hölls de frusna proverna upp i skålar för att finfördelas och mortlas med en stor sked. För att veta hur stor mängd jord som bidragit till mineralkvävet i varje prov mättes även vikten och TS halten hos proverna. Därefter extraherades de med kaliumklorid. För att få en klar lösning i extrakten centrifugerades

jordpartiklarna bort. Extrakten kördes sedan i en spektrofotometer (TrAAcs800) som mäter nitrat och ammoniuminnehåll (Mulvaney, 1996).

På resultaten över mineraliserat kväve räknades standardavvikelsen ut mellan de tre upprepningarna vid varje tidpunkt. Mineraliseringshastigheten uppskattades genom att beräkna nettomineraliseringen mellan olika mättillfällen. Statistiska skillnader mellan de olika gödselmedlens mineraliseringshastighet räknades ut genom variansanalys och beräkning av Fishers LSD. Detta gjordes mellan samtliga provtagningsintervall, samt mellan starttiden och den tidpunkt då mineraliseringen avtagit.

Vattenextraktion

Förutom mera standardiserade analyser som totalkväve, TS-halt, ammoniumkväve och kol/kväve- kvot testades även extraktion av kväve med vatten vid olika temperatur. Detta gjordes för att undersöka om dessa extraktionsresultat på något sätt kunde spegla resultaten från inkubationen.

Några gram gödsel vägdes upp i mätkolvar med 180 ml vatten till vilken 3 ml koncentrerad saltsyra (HCl) tillsattes. Rumstempererad extraktion utfördes sedan i 30 min på skakbord, het extraktion kokades i 30 min och 80°C extraktion gjordes genom att placera kolvar i skakvattenbad i 30 min. Efter de 30 minuternas behandling späddes proven och filterades. Slutligen analyserades extraktens innehåll av ammoniumkväve, nitratkväve, totalkväve och organiskt kol med kjeldahlsmetoden.

Dessa analysresultat jämfördes sedan med mineraliseringskurvorna för gödselmedlen. Kurvor på totalkväve hos extrakten/totalkväve hos gödselmedlen, ammoniumkväve hos extrakten/ammoniumkväve hos gödselmedlen och organiskt kol hos extrakten/organiskt kol hos gödselmedlen ritades upp för att åskådliggöra eventuella samband.

Jämförelse med inkubation i fält

Resultaten från inkubation och extraktion jämfördes med mineraliserad mängd kväve från respektive gödselmedel under naturliga temperaturförhållanden. Dessa siffror erhöles från ett inkubationsförsök (Delin & Engström, 2006) som skedde under ute i fält. Där användes samma jord och gödselmedel som i detta examensarbete men ytterligare ett gödselmedel inkluderades (nötfastgödsel). Det påbörjades hösten 2004 på Lanna försöksstation och pågick i två år. Mineraliseringsförloppet av kväve efter gödsling med nötgödsel (fast- och flyt-), kycklinggödsel, köttbenmjöl (biofer), och BioVinass efter olika spridningstidpunkter studerades.

Försöket utfördes genom inkubation av jord och gödsel i plastflaskor som grävts ner i marken vid förutbestämda spridningstillfällen. Vid varje tänkt tidpunkt för spridning sattes dessutom ett led med jord utan inblandning av gödsel ut för att identifiera hur mycket av det mineraliserade kvävet som kommer från jorden. De förbestämda spridningstillfällena var hösten, vårvintern, vid vårsådd, samt senare på våren/försommaren. Flaskorna togs upp för analys vid tre till sju olika tillfällen beroende på spridningstillfälle.

Daggrader

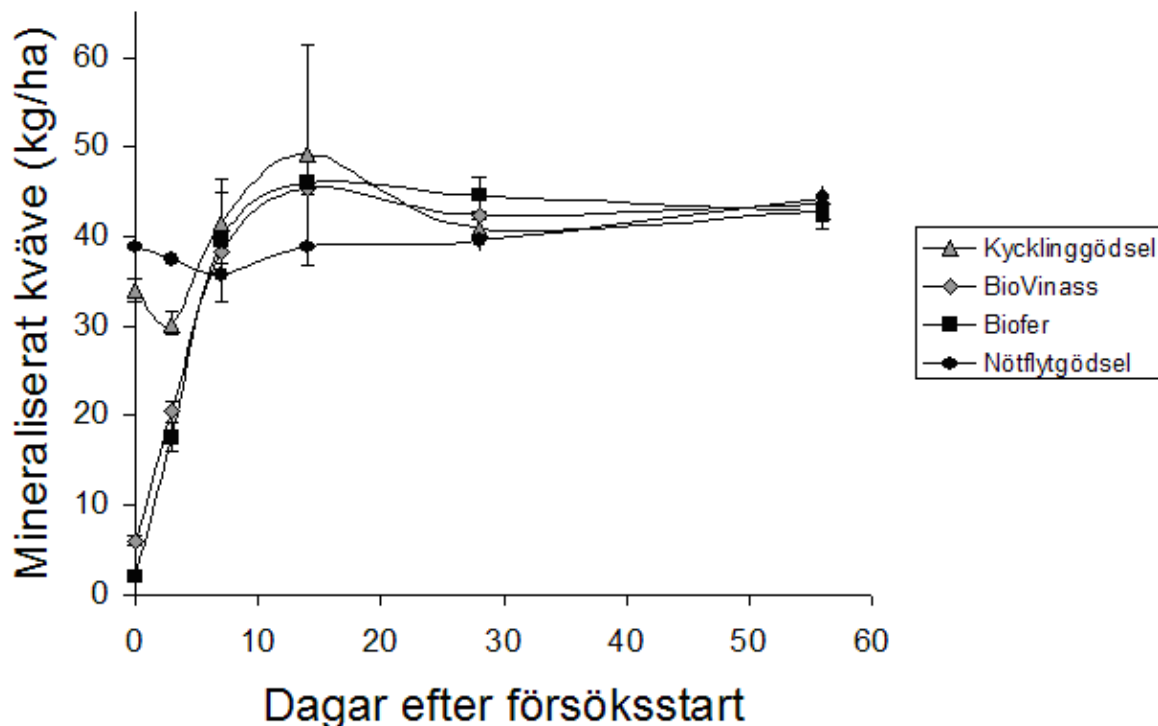
Utifrån resultaten från inkubationen gjordes ett test för att se om det var möjligt att förutspå nettomineraliseringen med hjälp av daggrader. Detta går ut på att man summerar medeltemperaturerna för de dagar som går från försökets början. Här studeras främst hur

många daggrader som går åt för att nå den maximala ackumulerade kvävemineraliseringen, vilket jämförs med antal daggrader som krävdes i inkubationsförsöket i fält. Även den maximala ackumulerade nitrifikationen studeras.

Resultat

Inkubation

I figur 4 presenteras resultatet av inkubationen som andelen ackumulerat mineralkväve ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) hos jordblandningarna med de fyra olika gödselmedlen minus det ackumulerade mineralkvävet som fanns i kontrollprovet med bara jord.



Figur 4: Ackumulerat mineralkväve ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) från Kycklinggödsel, BioVinass, Biofer och Nötflytgödsel under en period av 56 dagar. Standardavvikelse visas i varje punkt.

Som man kan se i figur 4 så återfanns ungefär lika stora mängder mineraliserat kväve från de fyra olika gödselmedlen efter 56 dagar. Biofer och BioVinass innehöll små mängder mineralkväve vid försökets början. Efter tre dagar kan man se att mineraliseringen kommit igång hos de båda medlen och redan efter en vecka verkar den största delen av mineraliseringen ha skett. Efter två veckor har mineraliseringen slutat och värdena ligger sedan ganska stabilt på ett ungefärligt värde av 45 kg mineraliserat kväve per ha. När det gäller nötflytgödseln så finns redan från början ca 40 % av totalkvävet som växttillgängligt. Här ser vi under den första veckan i stället en immobilisering av kvävet. Efter två veckor har denna immobilisering dock avtagit och värdet på det växttillgängliga kvävet är åter ungefär som vid starttidpunkten. Här sker sedan en fortsatt svag mineralisering ända fram till försökets slut då nötflytgödseln nått ungefär samma värde som BioVinass och Biofer, d.v.s. ca 45 kg N ha⁻¹. Kycklinggödselns kurva liknar nötflytgödseln men är något mer dramatisk. Mineralkväveandelen är här ca 35 % från början. Även här sker en immobilisering men som ser ut att både komma igång och avta snabbare än hos nötflytgödseln. Immobiliseringen verkar bara ha pågått några dagar då mineralkvävehalten redan efter en vecka är högre än vid

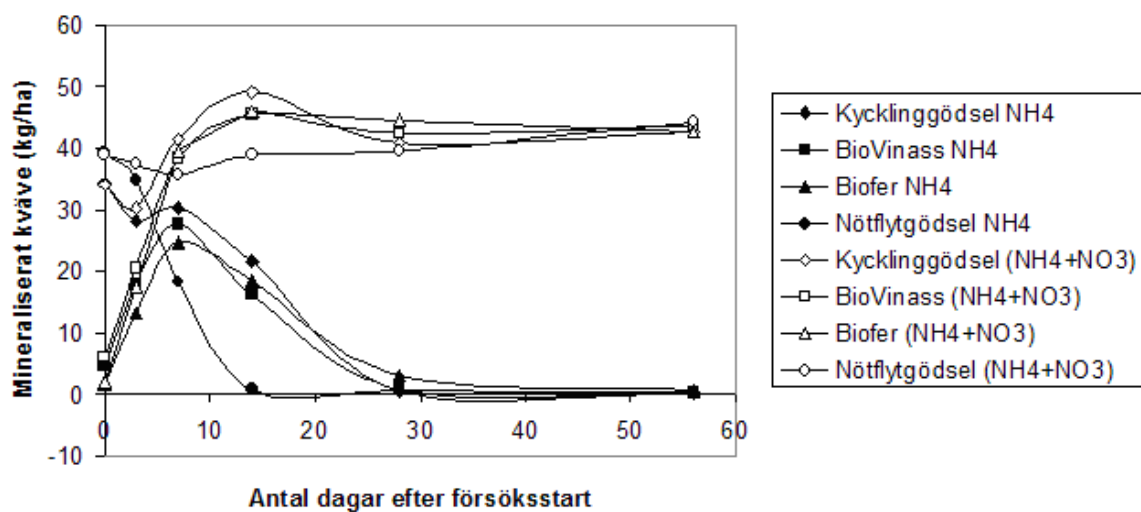
försökets start. Efter två veckor är andelen mineralkväve som högst för att sedan avta. Denna högsta punkt är dock osäker på grund av den stora standardavvikelsen. Alla de tre värden som utgör denna punkt var mycket olika. Ett problem med stallgödselmedel kan också vara att de ofta är heterogena vilket gör det svårt att få fram exakta värden på dess innehåll. Resultatet kan helt enkelt variera från prov till prov.

Tabell 4: Skillnader mellan mineraliseringshastigheter mellan de olika gödselmedlen under olika tidsperioder. Siffrorna står för förändring i nitrat- och ammoniumkväve (kg ha^{-1}). Siffror med olika bokstav i samma kolumn skiljer sig signifikant ($p < 0,05$).

	13 juni–16 juni	13 juni–21 juni	13 juni–27 juni	13 juni–11 juli	Start till maxvärdet
BF	15,6 ^a	37,7 ^a	44,0 ^a	42,6 ^a	44,0 ^a
BV	14,4 ^a	32,3 ^a	39,5 ^a	36,4 ^b	39,5 ^a
K	-3,7 ^b	7,5 ^b	15,2 ^b	6,9 ^c	15,2 ^b
N	-1,4 ^b	-3,0 ^c	0 ^c	0,8 ^d	5,4 ^b

BF = Biofer	N = Nötflytgödsel
BV = BioVinass	K = Kycklinggödsel

Som man kan se i tabell 4 så föreligger de största signifikanta skillnaderna i mineraliseringshastighet mellan stallgödselmedlen kontra Biofer och BioVinass.

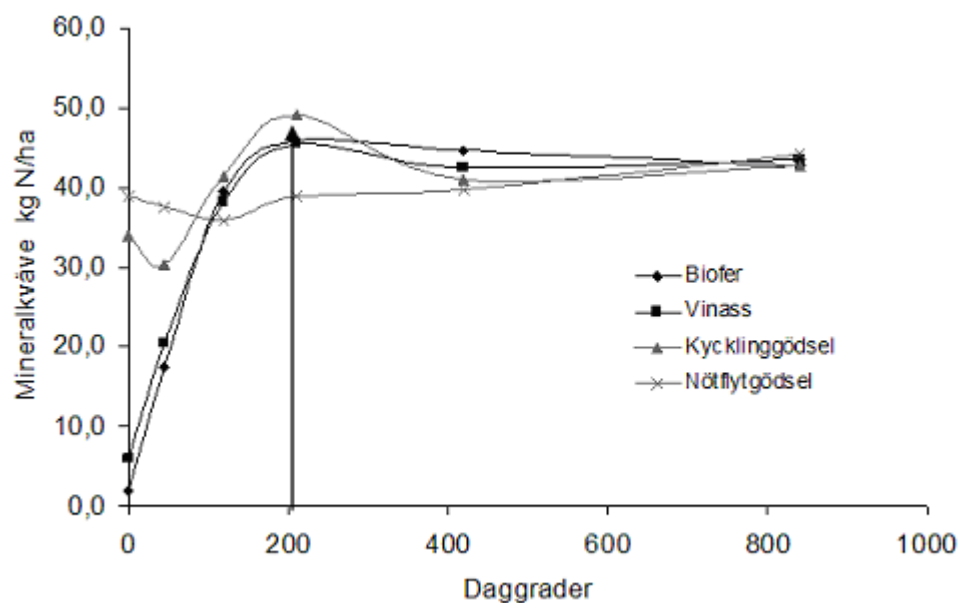


Figur 5: Ackumulerat mineralkväve ($\text{NH}_4 + \text{NO}_3$) och andel ammonium (NH_4) vid varje tidpunkt efter försökets början från Kycklinggödsel, BioVinass, Biofer och Nötflytgödsel.

Som vi kan se i figur 5 så övergår det mesta mineraliserade kvävet från ammonium- till nitratform. Ca 30 dagar efter försökets början har i stort sett allt mineralkväve övergått till nitrat.

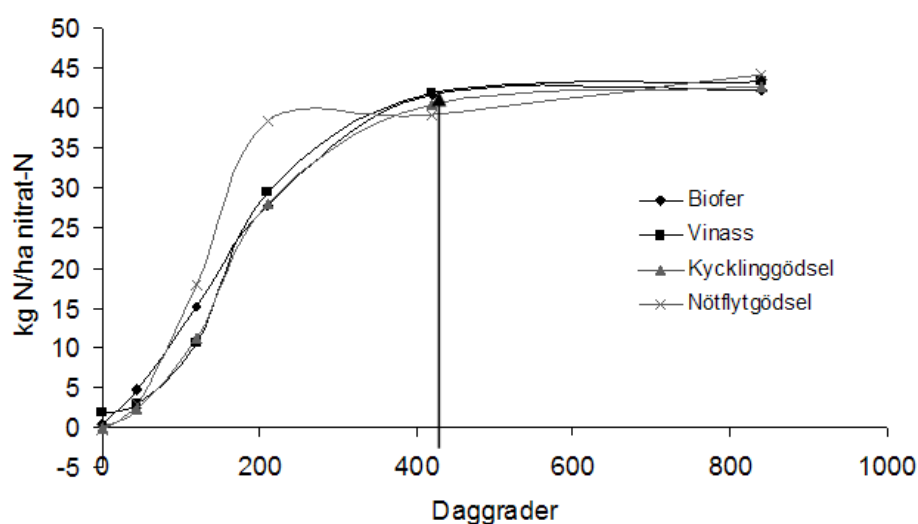
Samband mellan mineralisering och daggrader

I figur 6 kan man se att det behövs ca 200 daggrader för den ackumulerade mineraliseringen skulle nå sitt maximala värde i inkubationsförsöket.



Figur 6: Ackumulerat mineralkväve (NH_4+NO_3) från Kycklingödsel, BioVinass, Biofer och Nötflytgödsel i förhållande till antalet daggrader som passerat. Pilen visar när den ackumulerade mineraliseringen nått sitt högsta värde i inkubationsförsöket.

I figur 7 ser man att det behövdes dryga 400 daggrader för att nå den maximala ackumulerade nitrifikationen.



Figur 7: Antal daggrader som har passerat tills att den ackumulerade nitrifikationen nått sitt högsta värde i inkubationsförsöket.

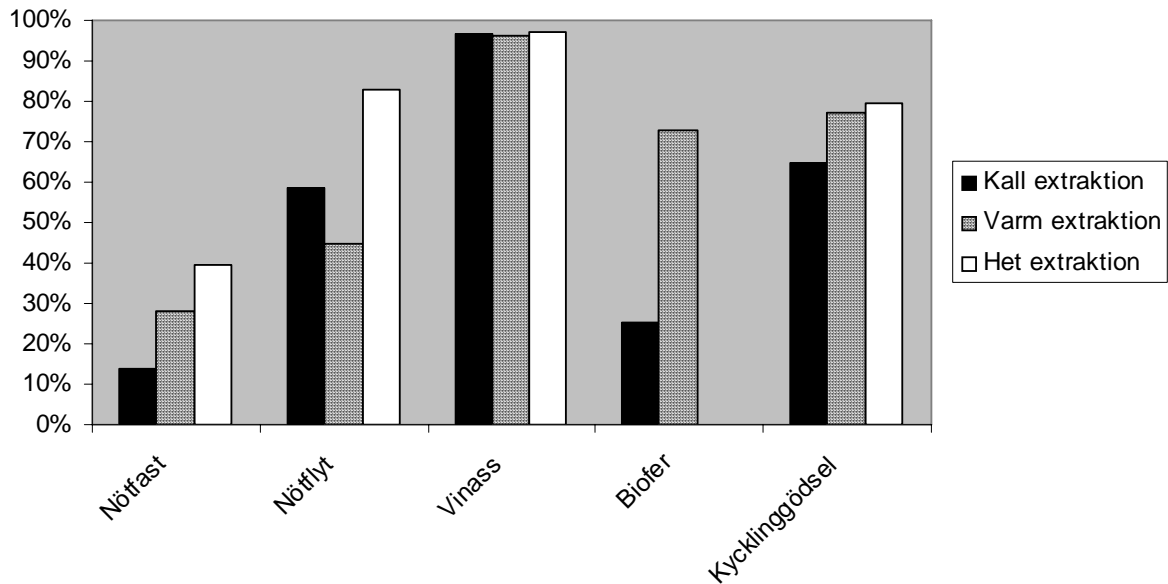
Vattenextraktion

I tabell 5 nedan redovisas resultaten för vattenextraktionerna av de olika gödselmedlen.

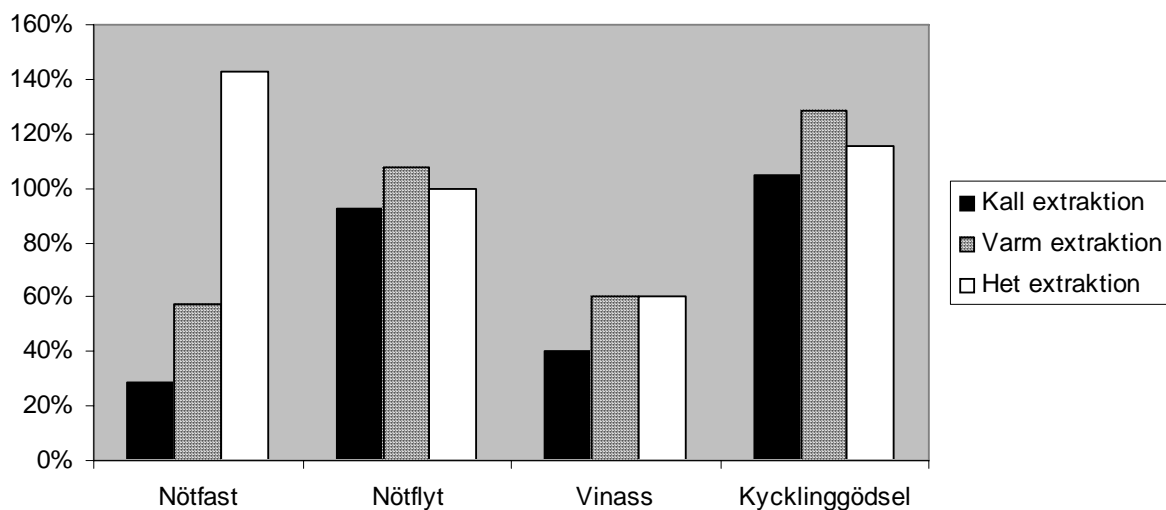
Tabell 5: Analysvärden för vattenextraktionerna från de olika gödselmedlen plus nötfastgödsel. Procentsatserna avser procent av extraktens våtvikt.

	Torrsubstans	TOC	Totalkväve	Ammoniumkväve
Gödselmedel/extraktion	%	%	%	%
Nötflytgödsel/kall extraktion	15,3	0,51	0,06	0,02
Nöt fastgödsel/het extraktion	15,5	1,51	0,17	0,1
Nötflytgödsel/kall extraktion	8,5	0,63	0,17	0,12
Nötflytgödsel/het extraktion	8,3	1,46	0,24	0,13
BioVinass/kall extraktion	63,8	26,7	3,39	0,08
BioVinass/het extraktion	63,8	24,4	3,4	0,12
Biofer/kall extraktion	96,2	6,31	1,7	0,06
Kycklinggödsel/kall extraktion	31,6	4,12	1,3	0,95
Kycklinggödsel/het extraktion	32,5	7,2	1,59	1,05
Nöt fastgödsel/varm extraktion	15,5	0,57	0,12	0,04
Nötflytgödsel/varm extraktion	8,3	0,88	0,13	0,14
BioVinass / varm extraktion	63,8	26,9	3,36	0,12
Biofer/varm extraktion	96,2	16	4,89	0,13
Kycklinggödsel/varm extraktion	32,5	6,26	1,54	1,17

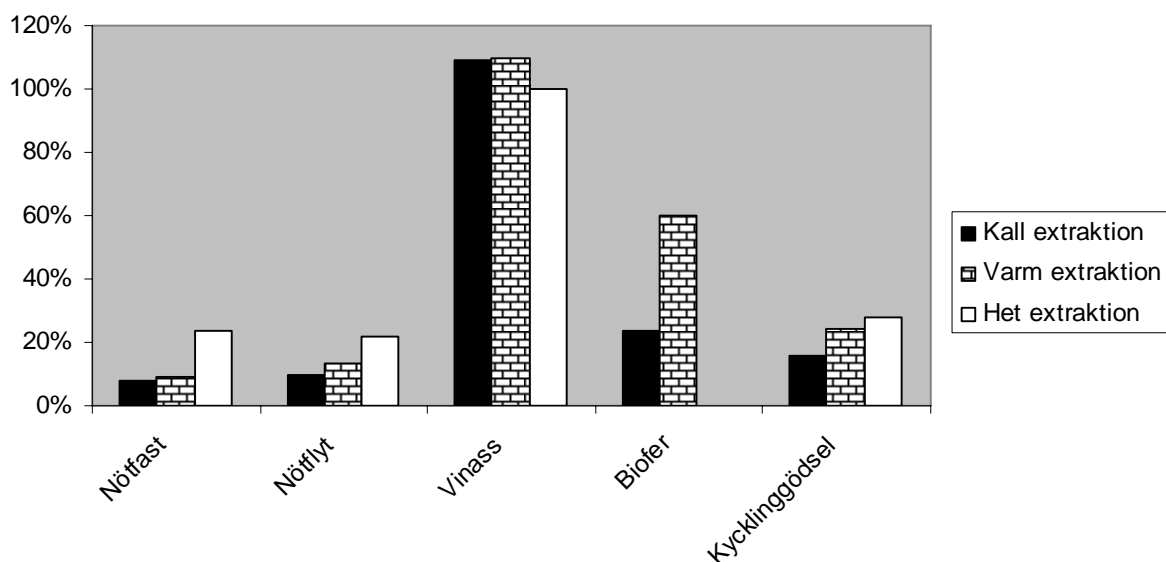
Resultaten räknades om till kvoter mellan extraherat material och värdena som gavs i standardanalyserna.



Figur 8: Andel av det totala kvävet som extraherades (där het extraktion av Biofer misslyckades).

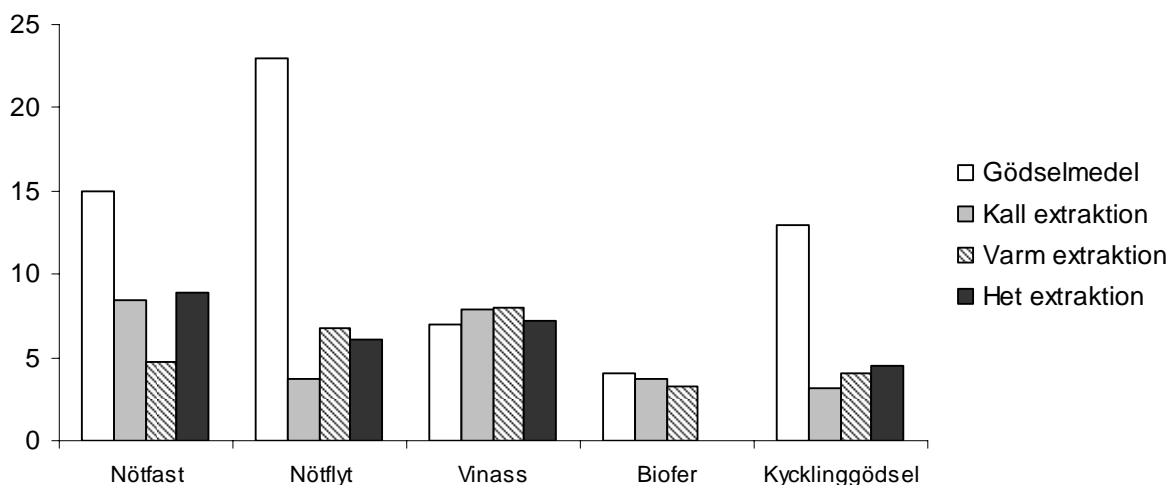


Figur 9: Andel av ammoniumkvävet som extraherades. Biofer är exkluderat då det inte innehöll något ammoniumkväve initialt.



Figur 10: Andel av det totala TOC som extraherades.

Hos samtliga gödselmedel har den högre temperaturen givit en högre andel extraherat kväve (figur 8). BioVinassen är det medel där det är minst skillnad, då allt kväve extraherats redan vid låg temperatur. Även ammoniumkvävet som man får ut ökar vid en ökande temperatur i samtliga fall (figur 9). Analys gjordes även på nitratkväve men det fanns i samtliga fall så lite att det var oväsentligt. Vad gäller andel extraherat TOC (figur 10) så ger de tre stallgödselmedlen låga värden oavsett temperatur medan Biofer och allra främst BioVinass ger höga värden.



Figur 11: Kol/kväve kvoter hos gödselmedel och extrakt.

I figur 11 kan man se att det framförallt är stallgödsleextrakten med nötflytgödseln i spetsen som avviker i kol/kväve kvot från de ursprungliga gödselmedlen.

Diskussion

Samband mellan extraktion och inkubation

Analysvärdena för gödselmedlen som använts i mina försök stämmer för totalkväve och ammonium hos BioVinassen bra överens med de värden som nämns av Bergmann (2000). Endast något halvt procent skiljer. Värdena för totalkväve och ammonium är hos kycklinggödseln något lägre än de som Rodhe, m.fl. (2000) redovisar. Detta kan förklaras av den betydligt lägre ts-halten hos denna gödsel. Nötflytgödsel kan variera en del i sitt innehåll beroende på t.ex. djurslag, ts-halt och typ av stall. Här stämmer mina värden dock överens ganska bra med de värden som nämns av Granstedt m.fl. (1998). Andelen ammonium är dock lägre. Enligt Lundström & Lindén (2001) är 2 % av totalkvävet i Biofer ammonium. I analysvärdet för mina försök är den siffran så hög som 7,5 %. Detta stämmer inte heller överens med inkubationsförsökets värde för ammonium vid tiden 0. Det förefaller som om en viss mineralisering skett inför analysen som gav värdet 7,5 %.

Hos samtliga gödselmedel utom BioVinass har man vid vattenextraktionen fått ut mer organiskt kol (TOC) vid en högre temperatur (se figur 10). Det förefaller som att det organiska materialet hos BioVinassen till största delen är vattenlösligt då i stort sett allt kväve och kol extraheras redan vid den rumstempererade extraktionen. Nötgödsel som innehåller en del kol från början ger inga större mängder vid denna typ av extraktion. Den största mängden kol förefaller här vara svårlösligt i vatten. I tidigare försök har Curtin (2006) påvisat samband mellan varmvattenlösligt kol och varmvattenlösligt kväve. Något sådant samband är dock svårt att se här. Curtins (2006) försök gällde dock organiskt material i jord och inte gödsel. Enligt Brohede (2007) kan ammoniumvärde över 100 % förklaras med att enklare föreningar som urea troligtvis har spjälkats.

Det är svårt att se några direkta samband mellan dessa vattenextraktioner och mineraliseringskurvan i inkubationsförsöket. Man kan möjligen se ett samband mellan de

varma extraktionernas andel extraherat totalkväve och andelen mineraliserat kväve i inkubationsförsöket, om man bortser från BioVinass. Andelen extraherat kväve är dock något högre än andelen mineraliserat kväve vid inkubationen. Detta skulle kunna förklaras av det faktum att det alltid immobiliseras en del kväve. Dock kan det förekomma en stor skillnad mellan mineralisering och nettomineralisering av kvävet (Trehan, 2000). Man kan också se att de gödselmedel som har de mest vattenlösliga kolföreningarna också är de som har den högsta mineraliseringshastigheten i min studie.

Vad gäller kol/kväveknoterna hos de vattenextraherade gödselmedlen så kan man konstatera att det höga innehållet av ammonium hos stallgödselmedlen kan förklara de stora skillnaderna mellan extrakten och gödseln. Om man räknar på kol/kväveknoter utan ammoniumet så blir värdena extremt höga för stallgödseln, både hos extrakten och hos gödseln. Biofer och BioVinass innehåller väldigt lite ammonium men relativt gott om lättmineraliserat kväve vilket gör att kol/kväve kvoterna mellan gödseln och extrakten skiljer sig mycket lite. Man kan konstatera att gödselmedlens ursprungliga kvoter ganska väl avspeglar mineraliseringshastigheterna i försöket. Möjligtvis är kvävemineraliseringshastigheten hos kycklinggödseln något hög med tanke på den höga kol/kväveknoten (13). Detta förklaras antagligen av det höga innehållet av urinsyra.

Kommentarer kring inkubationsförsöket

Mineraliseringen av gödselmedlen i detta inkubationsförsök ser relativt lika ut trots stora skillnader i innehåll. Det bör tilläggas att vattenhalten hos alla prover låg på ca 12 %, utom det innehållande nötflytgödsel vars vattenhalt var ca 18 %. Detta kan ha gynnat mineraliseringen av nötflytgödseln eftersom organiskt material ökar sin mineraliseringsgrad med ökande vattenhalt upp till åtminstone 90 % av den vattenhållande kapaciteten (Agehara & Warncke 2006), som här motsvaras av 53 % vattenhalt. När det gäller nötflytgödseln så finns redan från början ca 40 % av totalkvävet som växttillgängligt vilket är något lägre än de 60 % som anges i Granstedt m.fl. (1998). Hos nötflytgödseln och kycklinggödseln uppmättes i början av försöket en nettoimmobilisering av kvävet. Detta kan bero på att nedbrytningen av organiskt material i början är mycket hög och mikroorganismerna behöver en stor del av mineralkvävet till sin egen försörjning (Steineck m.fl., 2000). Hos kycklinggödseln gick denna process snabbt. Redan efter en vecka var andelen mineralkväve betydligt större än vid försökets början. Hos nötflytgödseln gick det däremot långsammare och det tog ca två veckor innan andelen mineralkväve var på samma nivå som vid försökets början. Man kan också konstatera att nötflytgödseln innehåller mer kolrika, lättnedbrytbara material som orsakar immobilisering och/eller svårnedbrytbara material som tar tid att bryta ner, medan kycklinggödseln innehåller en större mängd mer lättomsättbart kväve, då det innehåller mycket urinsyra (Richert Stintzing, 2001). Nötflytgödselns kol- kväveknot var ju i detta försök så hög som 23 vilket också indikerar att en immobilisering verkar trolig. Om man tittar på vattenextraktionerna så finns i stort sett allt kväve som extraheras i ammoniumform. Nötflytgödseln är också det enda medlet där det ser ut som att mineraliseringen fortgår under hela inkubationen.

Biofer och BioVinass uppvisade i detta inkubationsförsök båda mycket lika mineraliseringsförlopp. BioVinassen hade från början en något högre andel mineralkväve vilket kan bero på dess högre vatteninnehåll. Mineraliseringskurvorna följs nästan åt och två veckor efter försökets början når de båda sitt högsta värde. Efter denna tidpunkt tenderar andelen mineralkväve i proven snarast att minska vilket borde bero på en viss immobilisering eller denitrifikation.

Den totala nettokväveeffekten efter 56 dagar blev för de fyra gödselmedlen likartad trots ett

olikartat mineraliseringsförlopp. I samtliga fall hade något över 40 kg N ha⁻¹ gjorts tillgängligt för växter. Detta betyder att man skulle vara tvungen att använda något mer än dubbelt så mycket av gödselmedlen som man tänkt, om man följer totalkväveinnehållet, för att få den effekt som man vill ha. Det betyder också att det återstående kvävet som inte mineraliserats då förr eller senare kommer att göra det. Antagligen är dock en stor del av det återstående organiska kvävet så svårnedbrytbart att det kan anses ansluta sig till markens mullförråd. Vid gödsling under flera år med dessa gödselmedel är det högst troligt att man kan få igen en del av det svårnedbrytbara kvävet från tidigare år. Risk för utlakning under höst och vinter kan dock föreligga. En annan fråga är också om dessa gödselmedel blir ekonomiskt lönsamma med denna relativt låga verkningsgrad.

Att mineralkvävet från början till stor del finns i ammoniumform för att sedan allteftersom övergå till nitratform är helt i sin ordning. Detta är en normal process i en aerob miljö, vilket det bör ha varit i detta försök.

Om man jämför resultatet från detta inkubationsförsök med det inkubationsförsök som gjordes av Jerkebring (2000) (figur 1) så ser mineraliseringen för BioVinass relativt likartad ut. Vissa skillnader finns dock. BioVinassen når här t.ex. bara en mineraliseringsgrad av drygt 40 % av det tillsatta kvävet medan det i Jerkebrings (2000) försök når en bit över 60 %. Ammoniumkvävet vid startpunkten av de båda försöken skiljer sig inte nämnvärt åt. Orsakerna till dessa mineraliseringsskillnader kan vara många. Temperaturen var dock densamma i båda och Jerkebring (2000) konstaterade i sitt försök att jordarten hade liten eller ingen betydelse för mineraliseringen. Kanske skulle skillnader i jordegenskaper ändå kunna påverka. Även vattenhalten skulle kunna ha påverkat resultaten i olika riktningar. I detta försök blev ju vattenhalten något lägre än tänkt vilket kanske kan bidra till de lägre mineralkvävehalterna. Jerkebring (2000) har i sitt försök blandat ut BioVinassen med vatten i förhållandena 1:2. En högre vattenhalt har ju tidigare konstaterats öka mineraliseringshastigheten (Steineck m.fl. 2000). Dock finns inget som tyder på ett högre maximivärde vid en högre vattenhalt. Kanske har även metoden hur gödseln blandats med jorden betydelse. Hur noggrant gödseln finfördelats och inblandats borde kunna påverka mineraliseringen och även immobiliseringen av kväve. Finfördelning kan eventuellt leda till att gödseln i större grad kommer i kontakt med jordpartiklarna vilket skulle kunna öka immobiliseringen.

I detta försök sker all nettomineralisering utom hos nötflytgödseln inom två veckor efter försökets start. I Jerkebrings (2000) försök kan man avläsa en nettomineralisering ända fram till försökets slut, 8 veckor efter starten. I Jerkebrings (2000) försök sker ingen provtagning mellan dag 1 och 7 vilket ger en viss osäkerhet om vad som sker här. T.ex. skulle en immobilisering i samband med spridning kunna dölja sig här. Varken i detta försök eller i det utfört av Jerkebring (2000) skedde någon mätning av denitrifikationen. En annan trolig felkälla i detta försök är att kväve i form av ammoniak skulle kunna ha förflyttats mellan provburkarna genom luften. Detta skulle kunna förklara varför de olika gödselmedlen trots olika start i mineralisering blev mer och mer lika i sin nettomineralisering.

För att kunna säkerställa resultatet när man använder sig av inkubation för att värdera organiska gödselmedel skulle det vara intressant att undersöka vad det är som ger dessa skillnader som diskuterats ovan. Flera inkubationsförsök av denna typ skulle kunna ge svar på om resultaten är pålitliga och konsekventa eller om det finns slumpfaktorer som spelar in.

Ett annat faktum som verkar ha en stor inverkan på inkubationsförsök så som detta är att det i många fall förefaller vara en stor variation mellan mineralisering och nettomineralisering. T.ex. har Trehan (2000) visat att ca hälften av det kväve som mineraliseras från nötflytgödsel under ett år kan immobiliseras igen under samma period. Kring detta område skulle därför

ytterligare kunskap behövas.

Precis som Janssen (1984) påpekar så verkar det organiskt bundna kvävet även i denna studie kunna delas in i två pooler, en mer lättnedbrytbar, och en mer svårnedbrytbar. Inkubationsförsöket som genomförts här visar ju på en snabb mineralisering de första veckorna som sedan avtar och nästan avstannar. Samma sak gäller för Delin & Engströms (2006) inkubationsförsök i fält. Hos de gödselmedel som visar en stark mineralisering den första tiden kan man sedan se en minskning av mineralkväve vilket tyder på att mineraliseringen avstannat och andra processer tagit vid. I både labinkubationen och Delin & Engströms (2006) fältinkubation kan man relativt tydligt urskilja ett ungefärligt värde på hur stor andel av totalkvävet som mineraliseras snabbt. Denna andel borde ge ett ungefärligt värde på den mer lättnedbrytbara kvävemängden hos ett gödselmedel. Detta förutsätter dock att man kan kontrollera eventuell denitrifikation och immobilisering.

Att förutspå nettomineraliseringen med daggrader

Det visade sig fungera dåligt att beräkna nettomineraliseringen med hjälp av daggrader. Det behövdes ca 200 daggrader för den ackumulerade mineraliseringen skulle nå sitt maximala värde i inkubationsförsöket (figur 6), medan motsvarande värde för Delin & Engströms (2006) försök i fält var ca 500- 600 daggrader efter vårvinterspridningarna 2005 och 2006 (Delin, 2007). Det krävdes alltså betydligt fler daggrader för att nå den maximala ackumulerade mineraliseringen under fälttemperatur än vad som krävdes i inkubationsförsöket i klimatskåp. Det är troligt att den mera varierande temperatur som råder i fält gör att de processer som styr mineraliseringen hela tiden avtar och ökar. I klimatskåp däremot råder en jämn temperatur som gör att dessa processer kan fortgå oavbrutet. Det rör sig också antagligen om flera olika processer som påverkas olika mycket av olika faktorer. Vad som däremot visade bättre samband var nitrifikationen. Även om de skiljde en aning så verkade det krävas ca 500 daggrader för både detta inkubationsförsök, Delin & Engströms (2006) fältinkubation (Delin, 2007) och Griffin & Honeycutts (1998) inkubationsförsök för att nå den maximala ackumulerade nitrifikationen. Troligtvis är det så att nitrifikationen, till skillnad från nettomineraliseringen, styrs mer av en- eller några få processer och därför är lättare att mäta.

Likheter och olikheter mellan lab- och fältförhållanden

Här följer en jämförande diskussion mellan detta inkubationsförsök, Jerkebrings (2000) inkubationsförsök på lab och Delin & Engströms (2006) inkubationsförsök i fält. Skillnaden mellan Delin & Engström (2006) och detta inkubationsförsök är främst att temperaturen varierat efter fältförhållande hos Delin & Engström (2006). Även vattenhalten kan ha varierat något mer hos Delin & Engström (2006), där flaskor med kyckling- och nötgödsel som stått ute en längre tid tenderat att bli våta. En större jordmängd har också använts. Här kan vi se att immobiliseringen är ännu påtagligare i nötgödselproverna hos Delin & Engström (2006) än i detta inkubationsförsök. Flytgödselns mineralkvävehalt är dock i stort sett den samma i de båda försöken.

Kycklinggödseln uppvisar ungefär samma beteende i fält- och labinkubationen med en viss tendens till immobilisering direkt i början. Ganska snabbt ser man dock en nettomineralisering. Dessutom finns här en hög andel mineralkväve redan från början på grund av kycklinggödselns urinsyrainnehåll (Richert Stintzing, 2001).

Precis som hos Jerkebring (2000) ser vi hos Delin och Engström (2006) höga mineralkvävehalter i BioVinassproverna, undantaget det vid vårspridningstillfället. Det

förefaller som om en relativt stor del av det organiska kvävet i BioVinassen kan mineraliseras relativt fort under rätt förhållanden. Varför är mineralkvävevärdena då så låga vid vårspridningen? Enligt Hill (2002) behöver BioVinassen god markfukt för att ge goda resultat. Försöket av Delin och Engström (2006) består ju av provburkar i fält med en relativt jämn fuktighet så det borde inte vara orsaken i detta fall.

Resultaten för Biofer är relativt lika både från detta försök och från Delin & Engström (2006). De båda försöken skiljer sig dock på en punkt. Nettomineraliseringen ser ut att fortgå under en längre period hos Delin & Engström (2006) medan den hos alla gödselmedel utom nötflytgödseln ser ut att avta efter ett par veckor i detta försök.

De inkubationsförsök som har studerats i detta arbete påvisar relativt likartade resultat vad gäller kvävemineraliseringsförlopp vilket tyder på att metoden eventuellt kan säga något om dessa processer. Skillnaderna i resultatet mellan detta försök och Delin & Engström (2006) behöver dock en bra förklaring för att denna metod ska kunna säga något om vad som sker under fältförhållanden. Metoden är också fortfarande relativt tidskrävande. I framtiden efterlyses ytterligare inkubationsförsök kombinerat med att försöka hitta en snabb analysmetod för att kvantifiera den lättnedbrytbara kvävepoolen. Kanske kan spektroskopiska metoder i form av NIR och liknande, inom vissa typer av organiska material, lösa en del frågetecken.

Samband mellan odlingsförsök och laborieförsök

De tidigare gjorda odlingsförsök som redovisas i denna studie visar relativt annorlunda resultat jämfört med detta inkubationsförsök. Detta beror självklart till stor del på att en hel rad andra faktorer än kvävetillgången kan påverka skörd och kvalitet under en växtsäsong. T.ex. i Lööf och Sörbys odlingsförsök från år 2000 med BioVinass så var hela maj nederbördsfattig vilket ledde till en låg skörd i samtliga försöksled. Däremot regnade det rikligt i juli och augusti vilket ledde till höga proteinhalter. Detta inkubationsförsök visar att BioVinassen hade en kväveeffekt på grödan men effektens storlek är oklar. I odlingsförsöket i vårvete gjort av Gruvaeus m.fl. 2001- 2003 varierar effekten av BioVinassen. Effekten visade sig bli bättre vid tidig sådd och regnigare förhållanden än vid en senare sådd med torrare förhållanden. Denna goda löslighet i vatten kan tänkas hänga ihop med att BioVinassen till stor del är uppbyggd av små polära molekyler som kan binda kväveföreningar både rent kemiskt men även på fysikalisk väg då små organiska partiklar blir instängda i dessa fysikaliska partikelformationer (Bergström & Stenström, 1998).

I odlingsförsöket med BioVinass genomfört 2004- 2006 (Karlsson, 2007) syns mycket tydliga effekter av BioVinassen. Bäst resultat har man här fått vid spridning vid vårbruket. Skillnaderna mellan de båda tidpunkterna är dock relativt små och resultaten varierade mycket mellan de tre åren. Precis som det påstås av Hill (2002) så verkar det även här som om markfukten har en stark påverkan på mineraliseringen av BioVinass. I försommartorra områden så ger antagligen en tidigare spridning ett bättre resultat medan områden med god vattentillgång kan spridas senare, inte minst för att få en högre proteinhalt.

I odlingsförsök med vårvete visade sig Biofer ha en stark effekt. Biofer uppvisade en 80 % kväveeffekt jämfört med mineralgödsel vilket kan jämföras med BioVinassens 55 %. Effekten av kycklinggödseln tenderar att vara något sämre än övriga gödselmedel både vad gäller skörd och proteinhalt. Detta stämmer dock inte överens med mineraliseringen från detta inkubationsförsök.

Resultaten från de försök som har redovisats och diskuterats i denna studie är inte alltid entydiga men vissa återkommande tendenser verkar förekomma. T.ex. skulle det vara

intressant att närmare studera det faktum att kvävet hos BioVinass förefaller mer vattenlösligt än hos övriga studerade organiska gödselmedel. Flera försöksresultat pekar på att kvävemineraliseringen hos BioVinass är mer beroende av god vattentillgång än andra organiska medels kvävemineralisering. Det finns dock inga statistiska bevis för detta.

Slutsatser

- Ca 35-50 % av kvävet hos de fyra organiska gödselmedlen förefaller mineraliserbart inom en period av 14 dagar vid inkubation i 15°C. Därefter sker ingen ytterligare nettomineralisering inom en åttaveckorsperiod, förutom en svag mineralisering hos nötflytgödseln. Vid inkubering för att uppskatta andelen växttillgängligt kväve kan därför 14 dagar vara en lämplig tidsperiod för denna temperatur.
- Inkubation på lab visar ungefär samma inkubationspotential som i fält, även om den i fält varierar mer mellan gödselmedel.
- Det verkar kunna finnas ett samband mellan andelen varmvattenextraherat kväve och andelen mineraliserat kväve i inkubationsförsöken bortsett från BioVinassen. Immobiliseringen skulle dock behöva kartläggas bättre för att få den verkliga mineraliseringen i inkubationerna för att en vettig jämförelse med vattenextrakten.
- Den ursprungliga kol/kväve kvoten hos gödselmedlen visade samband till nettokvävemineraliseringshastigheten.
- Nettomineraliseringshastighet gick inte att påvisa med daggrader. Däremot verkade nitrifikationen gå att mäta med daggrader.

Referenser

Litteratur

Agehara, S., Warncke, D.D. 2006. Soil moisture and temperature effects on nitrogen release from organic nitrogen sources. American Society of Agronomy, Crop Science of America and Soil Science Society of America. 677 S. Segoe Rd, Madison, WI 53711 USA.

Bending, G., Turner, M., Burns, G. 1998. Fate of nitrogen from crop residues as affected by biochemical quality and the microbial biomass. Department of Soil and Environment Sciences, Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick CV35 9EF, UK. Soil biology and biochemistry 30 pages 2055-2065.

Bergman, N. 2000. Effekter av KRAV-godkända gödselmedel på skörd och proteinhalt hos vår- och höstvet. Examensarbeten/Seminarieuppsatser – Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbruksvetenskap Skara.

Bergström, L., Stenström, J. 1998. Environmental Fate of Chemicals in Soil. Royal Swedish Academy of Sciences 1998. Ambio Vol. 27 No. 1, Feb. 1998.

Christensen, B. T. 1987. Decomposability of organic matter in particle size fractions from field soils with straw incorporation. Soil Biology and Biochemistry 19:429-435.

Curtin, D., Wright, C.E., Beare, M. H., McCallum, F. M. 2006. Hot Water-Extractable Nitrogen as an Indicator of Soil Nitrogen Availability. New Zealand, Institute for Crop & Food Research. Published in Soil Sci. Soc. Am. J. 70:1512–1521 (2006).

Delin, S & Engström, L. 2006. Kvävemineraliseringsförlopp efter gödsling med organiska gödselmedel vid olika tidpunkter, I: Dokumentation från: Ekoprogram, Växtskydds och växtodlingsdagar i Kolmården den 11 december 2006, Hushållningssällskapet och Östra Sverige Försöken.

Granstedt, A., Blomqvist, J., Drake, H., Wellner, Militta. 1998. Ekologiskt lantbruk-fördjupning. Natur och Kultur/LTs förlag.

Griffin, T.S., Honeycutt, C.W. 2000. Using growing degree days to predict nitrogen availability from livestock manures. New England plant soil and water lab. University of Maine. Forest Experiment Station Journal no. 2394.

Gruvaeus, I., Fältforskningsenheten SLU samt Hushållningssällskapet, Skara. 2003. Gödsling med organiska gödselmedel i vårvete.

Hill, J. 2002 (reviderad 2003). EKO bladet, nr 15 2002. Länsstyrelsen Västra Götalands län.

Homman, K. 2002. BioVinass i ekologisk grönsaks- och bärödling på friland. Länsstyrelsen i Dalarna.

Janssen, B.H. 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Agricultural University, Wageningen, the Netherlands. *Plant and Soil* 76, 297-304 (1984).

Jensen, L.S., Salo, T., Palmason, F., Breland, T.A., Henriksen, T.M., Stenberg, B., Pedersen, A., Lundström, C., Esala, M. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil. *Plant and Soil* 273.

Jerkebring K. 2000. Anpassad kvävegödsling i ekologisk odling av frilandsgroensaker ett kunskapsunderlag för delad kvävegiva. , Examensarbeten/Seminarieuppsatser - Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi och växtproduktionslära. nr 16.

Karlsson, T. 2007. Vinass till höstvete. Försöksrapport 2006. För Mellansvenska försökssamarbetet och Svensk raps. Hushållningssällskapens multimedia.

Kirchmann, H. 1991. Carbon and nitrogen mineralization of fresh, aerobic and anaerobic animal manures during incubation with soil. *Swedish J. Agric. Res.* 21:165-173.

Ladd, J.N., Amato, M. 1980. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils-IV changes in the organic nitrogen of light and heavy subfractions of silt- and fine clay particles during nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry* 12:185-189.

Ladd, J.N., Parsons J.W., Amato, M. 1977. Studies of nitrogen immobilization and mineralization in calcareous soils-II Mineralization of immobilized nitrogen from soil fractions of different particle size and density. *Soil Biology and Biochemistry* 9:319-325.

Lindén, B. 2004. Kväveförsörjning på ekologiska gårdar och effektiviteten hos KRAV-godkända gödselmedel. Carlgren, K. Kirchman, H (red). Växtnäringsförsörjning i ekologisk odling. Föredrag hållna på Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien 4 mars 2004. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för växtnäringslära, rapport 208.

Lundström, C., Lindén, B. 2001. Kväveeffekter av humanurin, Biofer och Binadan som gödselmedel till höstvet, vårvete och vårkorn i ekologisk odling. Institutionen för jordbruksvetenskap, Skara. Serie B Mark och växter, rapport 8.

Lööf, P-J., Sörby, K. 2000. Ekologiskt vårvete gödlat med BioVinass. Odal växtodling.

Miller, R.D. & Johnson, D.D. 1964. The effect of soil moisture tension on carbon dioxide evolution, nitrification, and nitrogen mineralisation. *Soil Science Proceedings* 28, 644-647.

Moral, R., Perez-Murcia, M.D., Perez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., Paredes, C. 2004. Estimation of nutrient values of pig slurries in Southeast Spain using easily determined properties. Department of Agrochemistry and Environment, Miguel Hernandez University, Spain. *Waste Management* 25 (2005) 719–725.

Mulvaney, R.L. (1996) Nitrogen - Inorganic Forms. In: *Methods of Soil Analysis, Part 3-Chemical Methods* (Editors D. L. Sparks et al.), page 1123-1184. Soil Science Society of America Book Series, Nr 5. Madison, Wisconsin, USA.

Raupp, J. 2005. Nitrogen mineralisation of farmyard manure, faba bean meal, alfalfa meal and castor meal under controlled conditions in incubation tests. Ende der Nische, Beiträge zur 8. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau.

Richert Stintzing, A., Åkerhielm, H. 2001. Fjäderfärgödsel- En kunskapssammanställning. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, rapport: Lantbruk & Industri 283.

Rodhe, L., Richert Stintzing, A., Vestgöte, E., Salomon, E., Karlsson, S. 2000. Kycklinggödsel – hantering, växtnäring och miljökonsekvenser. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, rapport 87.

Scotford, J.M., Cumby, T.R., White, R.P., Carton, O.T., Lorenz, F., Hatterman, U., Provolo, G. 1998. Estimation of the nutrient value of agricultural slurries by measurement of physical and chemical properties. *Journal of Agricultural Engineering Research* 71, 291–305.

Steineck, S., Gustafson, A., Richert Stintzing, A., Salomon, E., Myrbeck, Å., Albihn, A., Sundberg, M. 2000. Växtnäring i kretslopp. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Trehan, S.P. 2000. Mineralization of nitrogen from cattle slurry decomposing in soil. *Journal of the Indian Society of Soil Science (India)*. Central Potato Research Institute, Jalandhar (India).

Trinsoutrot, N., Recous, S., Lentz, B., Linères, M., Chèneby, D., Nicolardot, B. 2000. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralisation kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:918-926 (2000).

Wivstad, M., Salomonsson, L., Salomonsson, A-C. 1996. Effects of green manure, organic fertilizers and urea on yield and grain quality of spring wheat. Acta Agriculturae Scandinavica, Sect. B, Soil and Plant Science. 46:169-177.

Personliga meddelanden

Brohede, Leif. AnalyCen. Lidköping. Tel 0510-88794.

Stenberg, Bo. Institutionen för markvetenskap, avdelningen för Precisionsodling. Skara. Tel 0511-67276.

Delin, Sofia. Institutionen för markvetenskap, avdelningen för Precisionsodling. Skara. Tel 0511-67235.

**Förteckning över rapporter i serien *Examens- och seminariearbete*
utgivna vid Avdelningen för precisionsodling:**

1. Karlsson, L. 2004. Inventering av socker i grönmassa och ensilage i västra Sverige. A survey of water-soluble carbohydrate (WSC) content in herbage and silage in west Sweden.
2. Sixtensson, O. 2006. Kväve i mark och gröda från sådd till skörd vid odling av höstraps (*Brassica napus* L.). Nitrogen in soil and plant from sowing to harvest during cultivation of winter oilseed rape.
3. Orvendal, J. 2007. Värdering av kvävet i organiska gödselmedel. Evaluation of nitrogen in organic fertilizers.

Avdelningen för precisionsodling, Institutionen för markvetenskap, SLU, Skara, bedriver forskning med precision i odlingen som mål. Detta forskningsarbete tar sikte på att utveckla metoder för bättre utnyttjande av markens resurser samt styrning av processer som inverkar på grödornas tillväxt, framför allt genom bättre växtnäringshushållning, bl.a. platsspecifikt för tillämpning inom precisionsjordbruket. Forskning bedrivs främst

i fältstudier och fältförsök. Huvudsyftet med denna forskning är att förstärka den ekonomiska uthålligheten i svenskt lantbruk genom att förbättra grödornas avkastning och jordbruksprodukternas kvalitet och samtidigt utnyttja våra naturliga tillgångar på ett miljövänligt och resursbevarande sätt. Forskning, utbildning och information präglas av helhetssyn och sker i nära samarbete med näringsliv, myndigheter och rådgivning. Lanna försöksstation, är en viktig resurs för avdelningen, övriga institutioner vid SLU samt andra samarbetspartners.

I serien *Examens- och seminariearbeten* publiceras examensarbeten (motsvarande 10 eller 20 poäng i agronomexamen) och seminariearbeten utförda vid Avdelningen för precisionsodling, SLU, Skara.

Examens- och seminariearbetena finns också tillgängliga på nedanstående internetadress.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet
Avdelningen för precisionsodling
Box 234
532 23 Skara
Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134
Internet: <http://po-mv.slu.se/>