

JTI-rapport

Lantbruk & Industri

335

Kvävehushållning och miljöpåverkan vid olika strategier för skötsel av gröngödslingsvallar

Johan Malgeryd
Gunnar Torstensson



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

2005

Kvävehushållning och miljöpåverkan vid olika strategier för skötsel av gröngödslingsvallar

*Nitrogen Efficiency and Environmental Impact from different
Strategies for Management of Green Manure Leys*

Johan Malgeryd
Gunnar Torstensson

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2005**
Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

Innehåll

Förord.....	7
Sammanfattning	9
Summary.....	10
Bakgrund.....	11
Olika förlustvägar för kväve från växtmaterialet	11
Gasformiga förluster.....	11
Urlakning.....	12
Utlakningsrisker efter nedplöjning.....	12
Mål	13
Genomförande	13
Försöksuppläggning	13
Val av försöksplats.....	14
Väderförhållanden.....	15
Skötsel av försök.....	15
Bestämning av vallens tillväxt	15
Mätning av ammoniakavgång	16
Bestämning av lakningsförluster från avslaget växtmaterial	16
Provtagning och analys av mark och gröda	17
Markens innehåll av mineralkväve.....	17
Grödans innehåll av växtnäring och kol	17
Statistisk bearbetning av resultaten.....	18
Resultat	18
Vallens tillväxt och kväveinnehåll.....	18
Stubbhöjd/grödans höjd	19
Ammoniakavgång från stubb och avslaget växtmaterial	19
Lakning från avslaget växtmaterial	23
Mineralkväve i marken	25
Diskussion.....	26
Vart tar kvävet vägen?	26
Vilka faktorer styr ammoniakavgång och lakningsförluster?	27
Ammoniakavgång.....	27
Lakningsförluster.....	27
Vilken putsningsstrategi bör man välja?	27
Hur utnyttjar man vallens kvävefixerande förmåga bäst?.....	27

Slutsatser.....	28
Litteratur	29
Bilaga 1. Väderdata för försöksåren 2001-2003 och perioden 1961-1991.....	31
Bilaga 2. Tidpunkter för putsning, plöjning och provtagning av mark och gröda	33
Bilaga 3. Stubbhöjd/grödans höjd.....	35
Bilaga 4. Mängd avslaget växtmaterial och materialets sammansättning	39
Bilaga 5. Ammoniakavgång m.m.	41
Bilaga 6. Avrunnen vattenmängd från lakningstrattarna samt lakvattnets innehåll av N, P, K och C	47
Bilaga 7. Markens innehåll av mineralkväve.....	49

Förord

Andelen ekologiskt odlad jordbruksmark i Sverige ökar stadigt. Regeringen har satt som mål att 20 % av arealen ska vara ekologiskt odlad till år 2005. Redan 2003 var andelen uppe i drygt 16 % och Jordbruksverket arbetar nu med att ta fram förslag på nya mål för den ekologiska produktionen fram till år 2010.

I ekologiska odlingssystem utan djur måste växtnäring tillföras på annat sätt än via stallgödsel. Ofta sker den huvudsakliga kvävetillförseln med hjälp av ettåriga grüngödslingsvallar. För att minimera förlusterna och få så stort utbyte som möjligt av grüngödslingsgrödan är det viktigt att känna till hur olika skötselåtgärder, t.ex. val av putsningsstrategi, påverkar utfallet.

I det här redovisade projektet har JTI tillsammans med Avdelningen för vattenvårdslära vid Institutionen för markvetenskap, SLU, studerat ammoniakavgång och urlakning av kväve, fosfor, kalium och organiskt kol från avslaget växtmaterial. Fältförsöken genomfördes på Lanna försöksstation i Västergötland åren 2001-2003.

Projektledare och ansvarig för ammoniakmätningarna var Johan Malgeryd, JTI. Gunnar Torstensson, Avdelningen för vattenvårdslära, ansvarade för lakningsstudier, bestämning av vallens tillväxt, provtagning av mark och gröda samt temperaturmätningar.

Det praktiska arbetet sköttes till stor del av personal från Lanna under ledning av Rolf Tunared. De dagar putsning utfördes deltog också personal från JTI och/eller SLU. Förutom tidigare nämnda personer medverkade vid dessa tillfällen Gunnar Lundin, Helena Åkerhielm, Marianne Tersmeden och Jan Bergström, JTI. Johnny Ascue, JTI, utförde preparering och analys av ammoniakprovtagarna (totalt ca 4 800 st.).

Projektet finansierades av Jordbruksverket inom ramen för programmet för miljöförbättrande åtgärder inom jordbruket.

Till dessa och till övriga som på olika sätt bidragit till att projektet kunnat genomföras riktas ett varmt tack.

Uppsala i januari 2005

Lennart Nelson

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik

Sammanfattning

I ekologiska odlingssystem utan djur måste växtnäring tillföras på annat sätt än via stallgödsel. Ofta sker den huvudsakliga kvävetillförseln med hjälp av ettåriga gröngödslingsvallar. I det här redovisade projektet har JTI tillsammans med Avdelningen för vattenvårdslära vid SLU, studerat ammoniakavgång och urlakning av kväve, fosfor, kalium och organiskt kol från avslaget växtmaterial. Fältförsöken genomfördes på Lanna försöksstation i Västergötland åren 2001-2003.

Syftet med projektet var att i ett första steg belysa kväveförlusterna i anslutning till odling och skötsel av gröngödslingsvallar. Det primära målet var att belysa emissions- och lakningsförlusternas storleksordning och vilka de viktigaste styrande faktorerna är under fältförhållanden, bl.a. hur dessa förluster påverkas av vald putsningsstrategi.

Två putsningsstrategier jämfördes – en intensiv med fyra putsningar per säsong och en extensiv med två putsningar per säsong. Försöken lades upp som randomiserade blockförsök med tre upprepningar per behandling. Ammoniakavgången mättes med passiva diffusionsprovtagare. För att mäta lakningsförlusterna från avslaget växtmaterial användes uppsamlingstrattar täckta med nät där växtmaterialet breddes ut. I samband med varje avslagning samt på hösten före plöjning gjordes en kvantitativ och kvalitativ bestämning av mängden avputsat material. För att kunna följa tillgången på växttillgängligt kväve i marken utfördes även kväveprofilprovtagning vid 3-4 tillfällen under säsongen.

Resultaten visar att lakningsprocessen kan vara av stor betydelse för att förklara den i många fall konstaterade förlusten av material och växtnäring från avputsat växtmaterial. Av de totala mängderna som uppmättes i avputsat växtmaterial utgjorde det urlakade kvävet i genomsnitt ca 16 %, fosfor ca 40 %, kalium ca 85 % och kolet ca 14 %. En hel del kväve kan också avgå som ammoniak om förutsättningarna är de rätta. Beroende på årsmån uppmättes ammoniakförluster motsvarande mellan 8 och 51 kg kväve per hektar under de tre åren försöket pågick.

Ammoniakavgången styrs till stor del av vädret och uppvisar därmed stora årsmånsvariationer. I de fall putsningen följdes av torrt väder var ammoniakavgången närmast obefintlig medan den i perioder med mycket regn eller ”varannandagsväder” kunde uppgå till över 6 kg kväve per ha och dygn. Valet av putsningsstrategi tycks i detta fall ha mindre betydelse.

Ur växtnäringssynpunkt är det ingen fördel att putsa vallen oftare än nödvändigt. Intensiv putsning resulterade i lägre biomassproduktion och mindre mängd fixerat kväve än extensiv putsning. Med undantag för kväve 2001 och kol 2001 och 2002 var också lakningsförlusterna något större i behandlingen med intensiv putsning.

Vallens huvudsakliga bruttobidrag till efterföljande grödor utgörs av kväve i rötter och ovanjordisk grönmassa som hunnit växa till efter den senaste putsningen. Mindre än 20 % av det totala kväveinnehållet i avputsat material återfanns i form av förna då vallen bröts.

Så länge vallen ligger obruten förblir mineralkvävenivåerna i marken låga. Tidigt vallbrott leder däremot till höga kvävenivåer i marken på senhösten, vilket innebär stor risk för utlakning och/eller denitrifikation.

Summary

Annual green manure leys are important sources of nitrogen in organic cropping systems without animals. In these systems plant nutrients must be supplied in other ways than via animal manure. In the project presented here, JTI has, together with the Division of Water Quality Management at SLU, studied ammonia emissions and leaching of nitrogen, phosphorus, potassium and organic carbon from cut plant material. The field trials were performed at Lanna Experimental station in Västergötland during 2001-2003.

The aim of this project was to shed some light on nitrogen losses associated with the management of green manure leys. The primary goal was to elucidate the magnitude of ammonia emissions and leaching losses from cut plant material as well as to identify the factors affecting these losses under field conditions.

Two different cutting strategies were compared – frequent cutting (4 times per season) and less frequent cutting (2 times per season). The trials were organised as randomised block trials with 3 replicates. Ammonia emissions were measured with passive diffusion samplers. When measuring the leaching losses, cut plant material was placed on a wire netting on top of a collecting hopper. In connection to each cut and in the autumn before ploughing, samples from the cut plant material were analysed with respect to quantity and quality. The mineral nitrogen content of the soil was determined through soil sampling at 3-4 occasions during each season.

The results show that the leaching process can be of great importance to explain the main cases of weight and plant nutrients losses from cut plant material. Of the total amounts originally found in the plant material, leaching removed on average 16 % of the nitrogen, 40 % of the phosphorus, 85 % of the potassium and 14 % of the carbon. A fairly high proportion of the nitrogen can also be lost in the form of ammonia if the conditions are right. Depending on the different weather conditions for each year, ammonia losses corresponding to between 8 and 51 kg of N per ha was measured during the three years of trial.

Ammonia emissions are to a great extent governed by weather conditions and thus vary substantially between years. When the cuttings were followed by dry weather, ammonia losses were almost non-existent while in periods of heavy rainfall or rain every second day, they sometimes exceeded 6 kg of N per ha and day. The choice of cutting strategy seems to be of less importance in this case.

From a plant nutrient point of view, there is no advantage in cutting the ley more frequently than necessary. Frequent cutting resulted in less bio-mass production and nitrogen fixation than less frequent cutting. Also, with the exception of nitrogen in 2001 and carbon in 2001 and 2002, leaching losses were somewhat higher in the treatment with frequent cutting.

The main gross contribution from the ley to successive crops consists of nitrogen in the roots and above-ground plant material grown after the last cut. Less than 20 % of the total nitrogen content in the cut plant material was found in the litter when the ley was terminated.

The levels of mineral nitrogen in the soil remain low as long as the ley is not broken up. Early ploughing leads to high levels of mineral nitrogen in the soil in late autumn, which increases the risk of leaching and/or denitrification.

Bakgrund

I ekologiska odlingssystem utan djur sker den huvudsakliga kvävetillförseln med hjälp av ettåriga grüngödslingsvallar. Grüngödslingsvallen hanteras ofta formellt som uttagen areal, vilket innebär att maximalt 30 viktsprocent klöver får finnas med i utsädet och att ingen tillförsel av gödselmedel får ske. Viktsandelen klöver i grödan blir oftast väsentligt större. Grüngödslingsvallarna slås av vid upprepade tillfällen dels för att uppnå en bekämpningseffekt på ogräs, dels för att stimulera vallens återväxt med syfte att producera så stor total grönmassemängd som möjligt och styra utvecklingsstadiet vid nedbrukning. Tidpunkterna baseras ofta till stor del på att nå hög bekämpningseffekt mot tistel, vilket i Mellansverige innebär månadsskiftet maj-juni, början av juli och början av augusti. Om fältet inte skall höstsås görs ibland ytterligare en avslagning. Vid avslagningen eftersträvas hög sönderdelningsgrad för att underlätta för vallen att växa upp på nytt.

Mätningar av kväve i avslaget material under säsongen och före nedbrukning har klart indikerat att betydande mängder försvunnit från växtmaterialet under tiden mellan avslagning och nedbrukning. Resultat från de pågående ekologiska försöken vid Mellby och Lanna visar att vanligtvis bara en bråkdel av den uppmätta ackumulerade kvävemängden i avslaget material från 2-3 tidigare avslagningar återfinns i det förnamaterial som senare plöjs ned.

Olika förlustvägar för kväve från växtmaterialet

Kvävet i det avslagna materialet kan ha försvunnit från växtmaterialet på i huvudsak två sätt; genom *gasformiga förluster*, troligen till stor del som ammoniakemissioner, eller genom *urlakning* med nederbörd.

Gasformiga förluster

Förekomsten av NH_3 -emissioner från avslaget växtmaterial finns dokumenterad i litteraturen (t.ex. Janzen & McGinn, 1990). Ammoniakavgång innebär att kväve går förlorat ur odlingssystemet och bidrar samtidigt till försurning och övergödning av mark, sjöar och marina miljöer (SJV, 1991; Malgeryd, 1996; Kirchmann m.fl., 1998).

Flertalet emissionsuppgifter är baserade på mätningar i laboratoriemiljö. Endast enstaka egentliga fältstudier är kända, i regel utförda med vindtunnelteknik vilket kan innebära att materialet inte utsatts för väderlekens alla växlingar. I tidigare studier under laboratorie- och fältförhållanden (Whitehead m.fl., 1988; Whitehead & Lockyer, 1989; Janzen & McGinn, 1991; Jaakola, 1995; Larsson, 1997) har förlusterna legat i storleksordningen 5-50 % beroende på materialets vattenhalt och omgivningens temperatur och vindhastighet. Whitehead m.fl. (1988) uppmätte mycket små kväveförluster (~1 %) vid torkning av gräs medan förlusterna från grönmassa som bröts ned under fuktiga förhållanden (100 % relativ fuktighet) uppgick till 20-47 %. Författarna drog slutsatsen att hö och ensilage som fälttorkas under kort tid troligen inte förlorar så mycket ammoniak. Om grödan däremot blir liggande mer än en vecka och utsätts för omväxlande torkning och uppfuktning blir förlusterna sannolikt större.

Temperaturens betydelse för emissionsförloppet demonstrerades av Salt (1965). I Salts studie var emissionshastigheten vid 10 °C bara hälften av den vid 20 °C. Tidsförloppet undersöktes i laboratorieförsök av Janzen & McGinn (1991) och Marstorp (1995). Båda dessa studier visade på en topp i emissionen 4-8 dagar efter applicering av grönmassan följt av en period med lägre emission. Janzen & McGinn (1991) drog slutsatsen att den snabba förlusten i inledningsskedet uppenbarligen berodde på omvandling av lättnedbrytbart kväve till ammoniak medan den därpå följande perioden med lägre emission sannolikt var ett resultat av mineralisering av mer motståndskraftiga kvävefraktioner.

Sammanfattningsvis kan man säga att resultaten från dessa studier visar att emissionerna blir mindre ju fortare materialet torkar, att emissionerna ökar med stigande kvävehalt i växtmaterialet, och att emissionen stimuleras vid återkommande uppfuktning. Växlande upptorkning och vätning till följd av daggbildning och nederbörd stimulerar nedbrytning, och ökar därmed troligen även emissionsförlusterna.

Urlakning

Att kväve förloras från det ovanjordiska växtmaterialet till följd av urlakning med nederbörd innebär inte nödvändigtvis att kvävet gått förlorat från mark-växtsystemet. Om läckaget sker under perioder med aktiv tillväxt kan vallgrödan ta upp detta kväve på nytt. Om däremot den aktiva tillväxten har avslutats, på grund av vallgrödans utvecklingsstadium eller årstiden, kommer kvävet att ansamlas i marken och kan utgöra en potentiell utlakningsrisk. Under de senaste åren har i de pågående försöken vid Mellby ett flertal exempel på sådan ansamling av kväve kunnat dokumenterats under olika slags vallar, speciellt sådana med klöverinslag. En annan effekt av att kväve urlakas från avslaget material kan vara att den totala kvävefixeringen reduceras.

Effekten av den höga sönderdelningsgrad som eftersträvas är troligen tveeggad med tanke på kväveförlusterna. Ett väl sönderdelat material torkar snabbare, men fuktas också snabbare upp och kan därmed bli mera utsatt för både nedbrytning (emissionsrisk) och urlakning.

Utlakningsrisker efter nedplöjning

Nedplöjning av en grüngödslingsvall innebär att stora mängder organiskt bundet kväve tillförs marken, ofta i storleksordningen 250-400 kg N/ha. Ungefär hälften av detta kväve finns i den gröna, ovanjordiska bladmassan. Om nedplöjningen sker tidigt på hösten, som t.ex. i augusti-september, då marktemperaturen är hög börjar framför allt den gröna växtmassan brytas ned nästan omedelbart efter plöjningen, varvid kvävet till stor del snabbt frigörs som utlaknings- eller växtupptagbart kväve. Till detta kommer den kvävemängd (30-50 kg/ha) som vanligen frigörs under hösten från markens äldre förråd av organiskt material. En nysådd höstgröda har små möjligheter att ta tillvara mer än en bråkdel av de frigjorda kvävemängderna. Återstoden riskerar att förloras genom utlakning och/eller denitrifikation.

Om däremot grüngödslingsvallen bryts sent på hösten (november) kan frigörelsen av utlakningsbart kväve bromsas upp kraftigt vid vinterns inträde, för att sedan

fortsätta då marktemperaturen på nytt börjar stiga på våren. Vårplöjning kan förekomma på lättare jordar, men leder ibland till att merparten av kvävet frigörs något för sent för att till fullo kunna utnyttjas av flertalet grödor, t.ex. vårsäd. Detta leder ofta till en stor oönskad ansamling av utlakningsbart kväve under efterföljande höst. Gjorda studier visar också att mycket av kvävet i det ovanjordiska vallmaterial i en övervintrande grüngödslingsvall kan förloras under vintern, även utan avslagning eller bearbetning på hösten (Torstensson, 1998).

Avslagningsfrekvensen som metod för att styra vallgrödans utvecklingsstadium vid nedbrukningstillfället och därmed mineraliseringen av kväve diskuteras av Wivstad (1997). Enligt hennes studier frigörs mer kväve om man brukar ned ett bladrikt, ungt material än om grödan hunnit bli mer förvedad.

Mål

Syftet med projektet var att i ett första steg belysa kväveförlusterna i anslutning till odling och skötsel av grüngödslingsvallar. Det primära målet var att belysa emissions- och lakningsförlusternas storleksordning och vilka de viktigaste styrande faktorerna är under fältförhållanden, bl.a. hur dessa förluster påverkas av vald putsningsstrategi. Omfattningen har medvetet begränsats, främst med tanke på de höga kostnader som mätningar av ammoniakförluster medför. Den kunskap som genererats inom projektet avses ligga till grund för att bedöma vilken inriktning fortsatta studier bör ges.

Det slutliga målet är att kunna formulera anvisningar och rekommendationer om hur grüngödslingsvallar bör skötas för att optimera kvävehushållningen så att så mycket som möjligt av grüngödslingsvallens kväve kommer efterföljande grödor tillgodo.

Genomförande

I fältförsök mättes kväveförluster via ammoniakemissioner och urlakning från avslaget vallmaterial, samt hur dessa förluster påverkades av mängden växtmaterial och materialets kvalitet, i första hand kvävehalten. Två putsningsstrategier jämfördes – en intensiv med fyra putsningar per säsong och en extensiv med två putsningar per säsong.

Fältförsöken genomfördes under tre växtodlingssäsonger med start 2001. Sista provtagningen i fält skedde våren 2004. Undersökningen genomfördes i samarbete mellan JTI och Avdelningen för vattenvårdslära vid Institutionen för markvetenskap, SLU.

Försöksuppläggning

Försöken (ett för varje år) lades upp som blockförsök med två behandlingar och tre upprepningar per behandling. Behandling A representerar ett system med intensiv putsning med inriktning på att bekämpa rotagräs, t.ex. tistel, medan putsningsstrategin i behandling B mer går ut på att bibehålla en någorlunda hög tillväxt under hela säsongen (tabell 1).

Tabell 1. Försöksplan med ungefärliga tidpunkter för putsning av grüngödslingsvallen och övriga skötselåtgärder. Ammoniakemission och lakningsförluster från det avslagna växtmaterialet skulle enligt planen mätas under ca 14 dagar efter varje avslagning.

Åtgärd	Ungefärliga tidpunkter enligt plan	
	Behandling A	Behandling B
Putsning	27 maj 24 juni 15 juli 12 augusti	10 juni 29 juli
Plöjning (vallbrott)	25 augusti	25 augusti
Sådd av höstvetete	1 september	1 september

Försöken anlades, för att hålla totalkostnaden nere, som en extra aktivitet på redan befintliga försöks- eller demonstrationsytor med grüngödslingsvall i ekologiska växtföljder. Det innebar bl.a. att tidpunkten för vallbrotten de olika åren fick anpassas efter vad som var planerat för den aktuella ytan det året.

Val av försöksplats

Försöken genomfördes på Lanna försöksstation ca 20 km sydväst om Skara i Västergötland. Matjorden består av måttligt mullhaltig, styv lera och alven av styv till mycket styv lera med låga mullhalter. Leran är sedimentär och dess mäktighet omkring 11 m (tabell 2).

Tabell 2. Mekanisk jordartsammansättning i matjord och alv (medelvärden för hela försöksområdet).

Djup, cm	Andel av respektive fraktion, viktprocent				
	Ler	Mjäla	Mo	Sand	Mull
10 – 20	45	28	20	7	4
20 – 40	55	28	13	4	2
40 – 60	60	26	13	1	<1
60 – 80	62	25	13	1	<1
80 – 100	64	25	10	1	<1

Resultat från en undersökning av markens pH-värde, fosfor- och kaliumtillstånd samt kol- och kvävehalter i markprofilen utförd i augusti 1997 på ett närliggande försök visas i tabell 3. Tillgången på såväl växttillgängligt fosfor som kalium synes vara tämligen god, speciellt för djuprotade grödor som kan utnyttja förråden i alven.

Tabell 3. Markens pH-värde, innehåll av fosfor och kalium samt kol- och kvävehalter på olika djup. Medeltal från 6 rutor i ett närliggande försök vid Lanna (efter Torstensson, 2003b)

Djup, cm	pH H ₂ O	Innehåll av växtnäring			
		P-AL, mg/100 g jord	K-AL, mg/100 g jord	Tot-C, % av torr jord	Tot-N, % av torr jord
0-30	6,8	5,1	12,3	2,1	0,17
30-60	7,0	7,6	14,8	0,5	0,04
60-90	7,3	17,2	19,1	0,5	0,01

Väderförhållanden

Nederbörd, dygnsmedeltemperatur och vindhastighet hämtades från en lokal klimatstation på Lanna. Som komplement till den automatiska nederbördsmätningen mättes nederbörden även dygnsvis med SMHI:s standardmätare. Under de perioder ammoniakmätningarna pågick mättes markytetemperaturen på försöksfältet med 6 temperaturgivare (termoelement) kopplade till en datalogger.

I bilaga 1 presenteras nederbörd och luftmedeltemperatur månadsvis 2001-2003 för försöksplatsen samt i genomsnitt för perioden 1961-1990.

Sommaren 2001 präglades av en torr och sval försommar. I juni föll endast 25 mm regn och medeltemperaturen var 12,7 °C, dvs. två grader lägre än normalt. Juli var desto mer nederbördsrik med hela 103 mm. I augusti var både nederbörd och temperatur normala för årstiden (60 mm respektive 15,3 °C).

2002 var förhållandena helt annorlunda. I juni kom det hela 128 mm regn samtidigt som medeltemperaturen var nästan två grader högre än motsvarande månad 2001. Juli var mer normal med 65 mm regn. Augusti var varm och relativt torr med en medeltemperatur på hela 18,5 °C och bara 44 mm nederbörd.

2003 regnade det mycket både i juni och juli (80 respektive 107 mm) samtidigt som medeltemperaturen var hög. Särskilt juli var varm med en medeltemperatur på hela 18,8 °C, vilket är tre grader högre än normalt. Augusti var nederbördsfattig (endast 30 mm) med en medeltemperatur något under det normala.

Skötsel av försök

Personal från Lanna skötte det praktiska arbetet i försöken och genomförde även många mätningar och provtagningar enligt instruktioner från JTI/SLU. Putsningen utfördes med slagslåttermaskin, en maskintyp som sönderdelar och sprider materialet väl. Verkliga datum för putsning och plöjning de olika åren framgår av bilaga 2.

Bestämning av vallens tillväxt

I samband med varje avslagning samt på hösten före plöjning gjordes en kvantitativ och kvalitativ bestämning av mängden avputsat material genom att ett drag i varje parcell skördades med en vallskördemaskin avsedd för försöksändamål.

Stubbhöjden blev med denna maskin oftast lägre än med den slagslåttermaskin som användes för putsningen. För att dokumentera skillnaderna mättes stubbhöjden både på den skördade och på den putsade ytan (se bilaga 3).

Det uppsamlade materialet från varje parcell vägdes och prov togs ut för bestämning av ts-halt, kväveinnehåll m.m. (se avsnittet ”Provtagning och analys av gröda”).

Mätning av ammoniakavgång

Ammoniakavgången mättes med passiva diffusionsprovtagare (PDS) enligt Svensson (1993). Tekniken är användbar för mätning från gröngödslade ytor förutsatt att exponeringstiderna anpassas till rådande koncentrationer. Mätningarna, som gjordes med 2 kyvetter plus 1 omgivningsprovtagare i varje parcell, pågick kontinuerligt under ca 2 veckor med en exponeringstid på ca 2 dygn per mätomgång. Parallellt utfördes mätningar på referensytor där växtmaterialet bortförts. På dessa ytor exponerades provtagarna under längre tid (7 dygn år 1 och 14 dygn år 2 och 3) då ammoniakemissionerna från dessa ytor var små. För att få med effekterna av nederbörd och dagg och minimera eventuella skillnader i upptorkningsförhållanden mellan ytor utanför och inuti kyvetterna användes två ramor per kyvett. Ramorna placeras intill varandra och kyvetter och provtagare flyttades mellan ramorna en gång per dag. På så sätt kom också mätresultaten från varje kyvett att representera en dubbelt så stor yta och därmed spegla den genomsnittliga emissionen i parcellen bättre.

Vid andra putsningen i behandling A 2003 (putsning 3-2003) gjordes en specialstudie där ammoniakavgången mättes under 20 dygn i stället för normala 14 dygn. Syftet var att få en indikation på hur mycket ammoniak som kunde tänkas avgå efter ordinarie mätperiod och därmed falla utanför dessa mätningar.

Bestämning av lakningsförluster från avslaget växtmaterial

För att mäta lakningsförlusterna från avslaget växtmaterial användes uppsamlings-trattar (50 x 50 cm) av lackerad plåt täckta med ett nät där växtmaterialet breddes ut. Trattarna, som placerades i omedelbar anslutning till försöksrutorna, samlar upp det nederbördsvatten som tränger genom växtmaterialet. Första året (2001) skedde mätningarna med två upprepningar (trattar) per behandling, de två följande åren med tre upprepningar, dvs. en tratt per parcell.

I samband med varje putsning vägdes avslaget växtmaterial motsvarande den genomsnittliga mängden från 0,25 m² (motsvarande trattens yta) upp och placerades på nätet. 1-2 gånger i veckan, beroende på nederbörden, tappades det uppsamlade vattnet från varje tratt av, vägdes och provtogs. Vattenproverna analyserades med avseende på NH₄-N (FOSS TECATOR Application Note 5220, 2000.), total-N (SS-EN 12260-1, 2004), total-P (SS-EN 1189-1, 1997) och TOC (SS-EN 1484-1, 1997). Sista året (2003) analyserades vattenproverna även med avseende på K med jonkromatografisk metod. 2001 och 2002 analyserades lakvattnet även med avseende på nitrat-N, men eftersom halterna aldrig översteg 0,1 mg N/l redovisas de inte i denna rapport.

Första försöksåret (2001) avlägsnades, efter vägning och provtagning, det gamla växtmaterialet innan nytt material lades på vid nästa putsningstillfälle. Den sista omgången fick ligga kvar fram till tidpunkten för vallbrott. 2002 och 2003 fylldes trattarna bara på med nytt material vid varje nytt putsningstillfälle i den aktuella behandlingen. Materialet från tidigare putsningar fick ligga kvar tills det var dags för vallbrott. Syftet med denna förändring var att bättre efterlikna de naturliga förhållandena på markytan.

Provtagning och analys av mark och gröda

Markens innehåll av mineralkväve

För att kunna följa tillgången på växttillgängligt kväve i marken och bedöma risken för utlakning efter nedplöjning av gröngödslingsvallen utfördes kväveprofilprovtagning vid tre till fyra tillfällen under säsongen; vid första putsningen i behandling A, vid andra putsningen i behandling B, före höstbearbetning och i månadsskiftet oktober/november. Proven togs ledvis till 90 cm djup och delades in i tre skikt; 0-30, 30-60 och 60-90 cm, (Lindén, 1977 och 1979). I matjorden togs 24 delprov och i alvskikten 12 delprov per behandling (8 respektive 4 delprov per parcell). Delproven slogs samman till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna förvarades djupfrysta och extraherades med 2M KCl för bestämning av ammonium- och nitratkväve. Analysvärdena omräknades till kg kväve per hektar med beaktande av markskiktens volymvikter och aktuella vattenhalter.

Enligt ursprunglig plan skulle vallbrotten gjort i augusti - september, men så skedde bara det första året. De två följande åren fick försöket, av olika orsaker, läggas på vallar som skulle plöjas sent på hösten (oktober), vilket gjorde att den sena provtagningen uteslöts då tiden för N-mineralisering bedömdes alltför kort.

Grödans innehåll av växtnäring och kol

I samband med varje putsning togs grödprover ut från varje parcell för bestämning av torrsubstans, total-N och total-C. De sista två åren analyserades även P och K, men då på 1 samlingsprov per behandling och putsningstillfälle. 2001 provtogs enbart det skördade materialet medan provtagning de båda följande åren utfördes även på material som putsats av med slagslättermaskinen. Då skillnaderna mellan skördat och avputsat material var små redovisas dessa värden inte separat.

Kväve- och kolinnehållet bestämdes med elementaranalysator NA 1500 (Kirsten & Hesselius, 1983), fosforinnehållet analyserades med ICP-teknik efter uppslutning i koncentrerad svavelsyra.

Omedelbart före vallbrottet på hösten mättes och provtogs allt växande och kvarvarande ovanjordiskt växtmaterial. Det växande materialet skördades med vallskördemaskin, vägdes och provtogs på samma sätt som vid putsning. Kvarvarande stubb och förna från tidigare putsningar provtogs i skördedragen genom uppsamling och klippning av 1 prov à 4 x 0,25 m² per parcell. Materialet vägdes och analyserades med avseende på total-N och total-C. Mängden nerbrukat växtmaterial beräknades som summan av stubb och på marken liggande förna från putsningarna och ovanjordisk färsk växtmassa vid vallbrottet.

Efter avslutad mätperiod vägdes och provtogs det kvarliggande växtmaterialet på lakningstrattarna för att belägga eventuella kvantitets- och kvalitetsförändringar under tiden från avslagningen. Samma analyser utfördes som på nyslaget material.

Första försöksåret (2001) bestämdes höstgrödans ovanjordiska kväveupptag genom klippning av 1 prov à 4 x 0,25 m² per parcell i början av november. Grödproverna analyserades med avseende på tot-N. Då värdena från denna provtagning endast omfattar ett år och inte på något sätt avviker från vad som är normalt (ca 2 kg N/ha) redovisas de inte i rapporten.

Statistisk bearbetning av resultaten

För att bedöma om det förelåg skillnader mellan behandlingarna vad gäller mängden avslaget växtmaterial, materialets sammansättning, avrunnen vattenmängd från lakningstrattarna och lakvattnets innehåll av N, P, K och C beräknades den årliga standardavvikelsen (SD) för de parcellvisa årssummorna inom respektive behandling. SD för treårsmedeltal beräknades utifrån den årsvisa relativa medelavvikelsen. (SD-p respektive SD-y i bilaga 4 och 5).

För ammoniakmätresultaten bedömdes det inte meningsfullt att göra någon statistisk bearbetning eftersom resultaten pekade åt olika håll olika år. Dessutom fick i flera fall mätvärden från en eller två av upprepningarna kasseras pga. regn, fåglar som hackade sönder filtren m.m.

Resultat

Vallens tillväxt och kväveinnehåll

Gröngödslingsvallarnas ovanjordiska växtmassa och dess innehåll av växtnäring vid de olika putsningstillfällena redovisas i bilaga 4, tabell 4:1. Den högsta ovanjordiska totalproduktionen, räknat som summan av "putsskördar" och ovanjordisk växande grönmassa vid vallbrottet, av såväl grönmassa som kväve uppmättes i behandling B (två putsningstillfällen per säsong), i medeltal 11,5 ton ts/ha respektive 294 kg N/ha. I behandlingen med fyra putsningar per år (behandling A) stannade den ovanjordiska medelproduktionen vid 8,7 ton ts/ha respektive 266 kg N/ha.

Bild 1 illustrerar ackumulerat bruttoupptag av kväve i växtmaterial ovan jord samt mängden kväve i nedbrukat växtmaterial ovan jord vid vallbrott.

Mängden växtmaterial och kväve som brukades ner vid vallbrottet var även den större i behandling B, där det i medeltal under de tre försöksåren brukades ner 5,2 ton ts/ha med ett kväveinnehåll av 145 kg N/ha. I behandling A nerbrukades i medeltal 3,6 ton ts/ha innehållande 104 kg N/ha. Det nerbrukade ovanjordiska materialets sammanvägda C/N-kvot var 15 i behandling B och 14 i behandling A (bilaga 4, tabell 4:1). Den provtagna stubben och förnan utgjorde i genomsnitt omkring 50 % av den totala mängden nerbrukat kväve och växtmaterial i båda behandlingarna.

Satt i relation till den totala mängden avputsat material utgjorde den provtagna stubb och förnafraktionen drygt 20 % i behandling A och ca 30 % i behandling B. Vid ett tillfälle gjordes ett försök (ej redovisat) att separera stubb och förna, vilket visade sig inte vara helt enkelt eftersom t.ex. stubben bestod av en blandning av såväl levande som död stubb i en glidande skala. En grov uppskattning blev att högst hälften av den provtagna stubb-/förnablandningen utgjordes av återfunnet avputsat material, vilket skulle betyda att mindre än 10-15 % av den växtmassa och det kväve som totalt funnits i det avputsade materialet återfanns som förna vid tiden för vallbrottet.

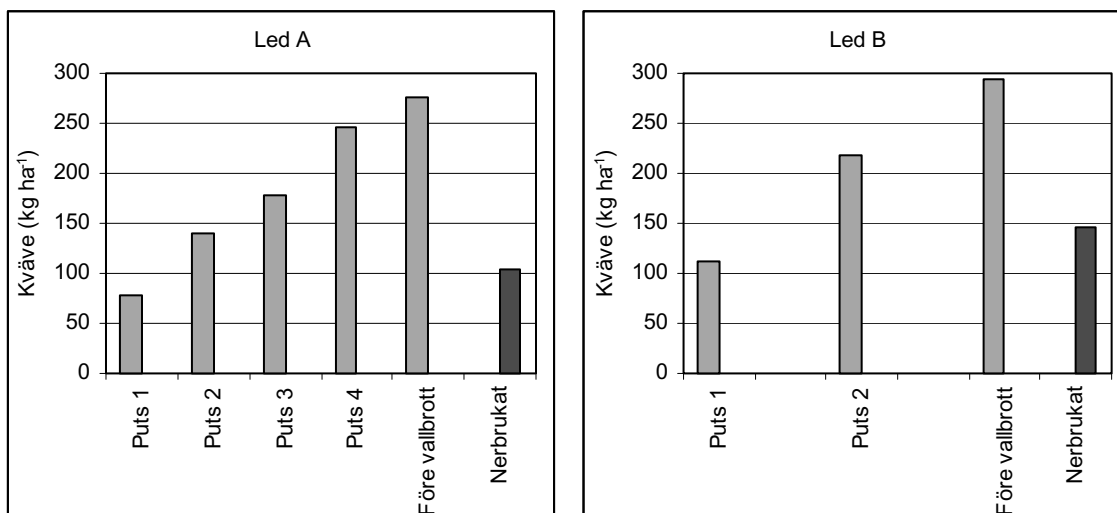


Bild 1. Ackumulerat bruttoupptag av kväve i ovanjordiskt växtmaterial, samt mängden kväve i nerbrukat ovanjordiskt växtmaterial vid vallbrottet (stubb och förna plus återväxten efter sista putsning). Medeltal för åren 2001-2003.

Stubbhöjd/grödans höjd

Stubbhöjden/grödans höjd mättes i direkt anslutning till samt 14 dagar efter putsning på 5 slumpvis utvalda platser i varje parcell. På så sätt erhöles en kontroll på hur mycket grödan hade växt under den period ammoniakmätningarna pågick. Resultaten redovisas i bilaga 3, tabell 3.1-3.3.

Ammoniakavgång från stubb och avslaget växtmaterial

Dygnsvisa kväveförluster via ammoniakavgång under de perioder mätningarna pågick (normalt 14 dagar efter varje putsning) redovisas i bild 2-4 samt i bilaga 5. Överst i varje bild har data om temperatur och nederbörd lagts in för att belysa eventuella samband mellan ammoniakavgång och väderförhållanden/förutsättningar för nedbrytning av organiskt material.

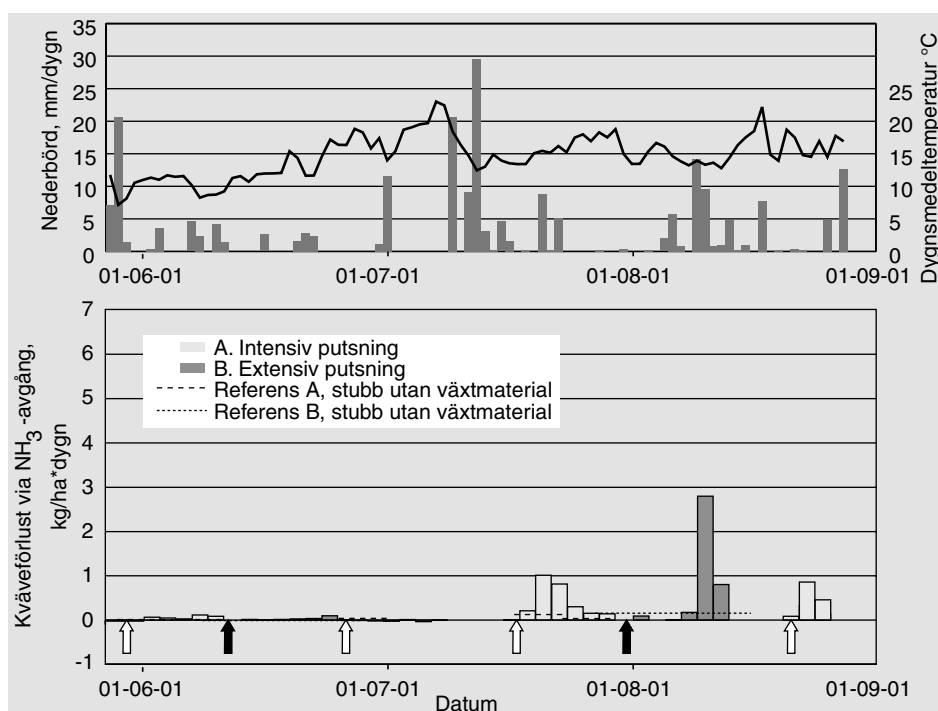


Bild 2. Dygnsvisa kväveförluster via ammoniakavgång under de perioder mätningarna pågick 2001. Som bakgrundsdata har nederbörd och temperatur lagts in i ett separat diagram överst i bilden. Behandling A putsades fyra gånger under säsongen (28 maj, 25 juni, 16 juli och 20 augusti) och behandling B två gånger (11 juni och 30 juli). Efter putsningen den 20 augusti pågick ammoniakmätningarna bara 6 dagar.

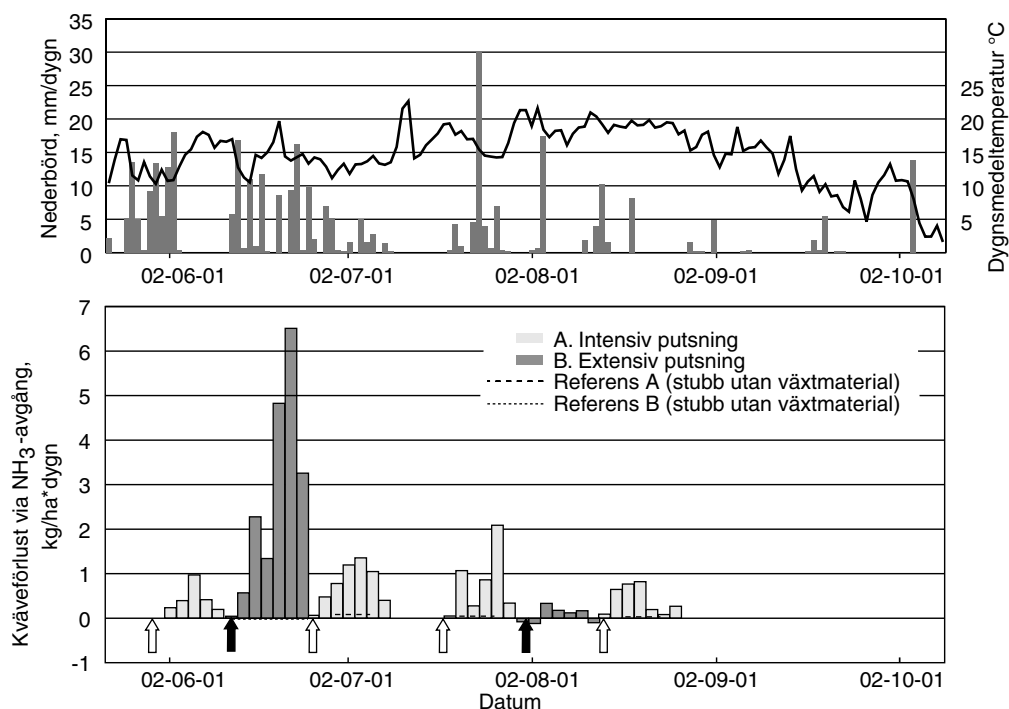


Bild 3. Dygnsvisa kväveförluster via ammoniakavgång under de perioder mätningarna pågick 2002. Som bakgrundsdata har nederbörd och temperatur lagts in i ett separat diagram överst i bilden. Behandling A putsades fyra gånger under säsongen (27 maj, 24 juni, 15 juli och 12 augusti) och behandling B två gånger (10 juni och 29 juli).

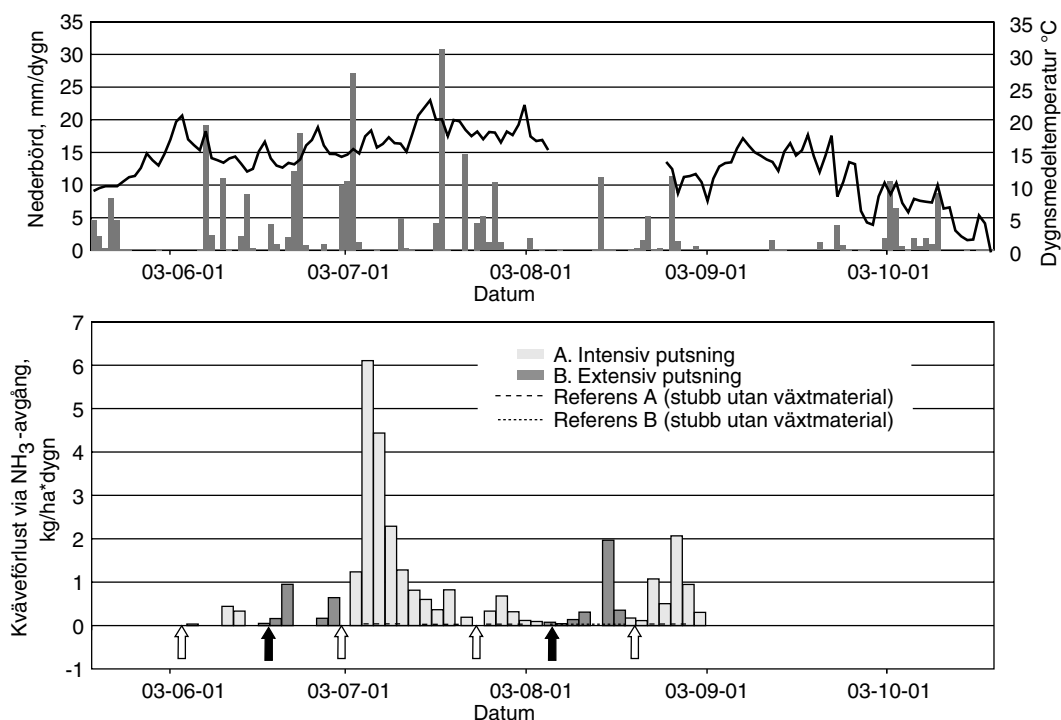


Bild 4. Dygnsvisa kväveförluster via ammoniakavgång under de perioder mätningarna pågick 2003. Som bakgrundsdata har nederbörd och temperatur lagts in i ett separat diagram överst i bilden. Behandling A putsades fyra gånger under säsongen (2 juni, 30 juni, 21 juli och 18 augusti) och behandling B två gånger (16 juni och 4 augusti). Efter putsningen den 30 juni pågick ammoniakmätningarna hela 20 dagar.

De högsta dygnsvisa förlusterna inträffade i slutet av juni 2002 och början av juli 2003. Förlusterna uppgick då till 6,3 respektive 6,1 kg per ha och dygn. Som lägst var förlusterna noll. Detta inträffade företrädesvis under torra perioder då ingen eller mycket liten nedbrytning av organiskt material förekom.

Bild 5-7 visar sammanlagda (ackumulerade) kväveförluster under mätperioderna.

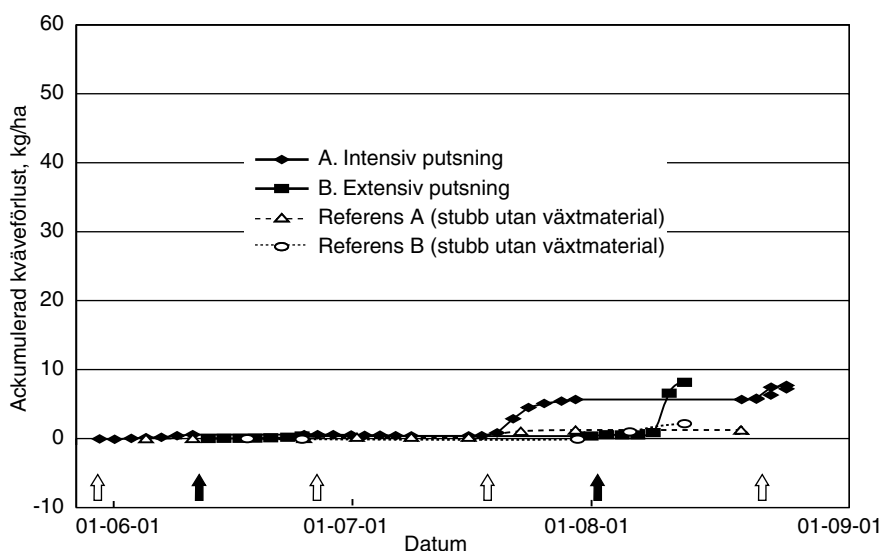


Bild 5. Ackumulerade kväveförluster via ammoniakavgång under mätperioderna 2001. Behandling A putsades fyra gånger under säsongen (28 maj, 25 juni, 16 juli och 20 augusti) och behandling B två gånger (11 juni och 30 juli). Efter putsningen den 20 augusti pågick ammoniakmätningarna bara 6 dagar.

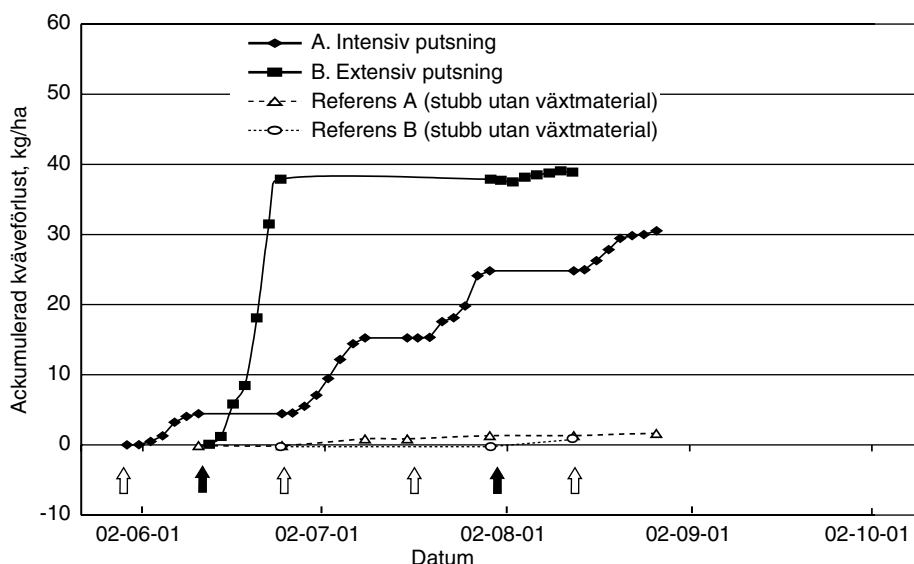


Bild 6. Ackumulerade kväveförluster via ammoniakavgång under mätperioderna 2002. Behandling A putsades fyra gånger under säsongen (27 maj, 24 juni, 15 juli och 12 augusti) och behandling B två gånger (10 juni och 29 juli).

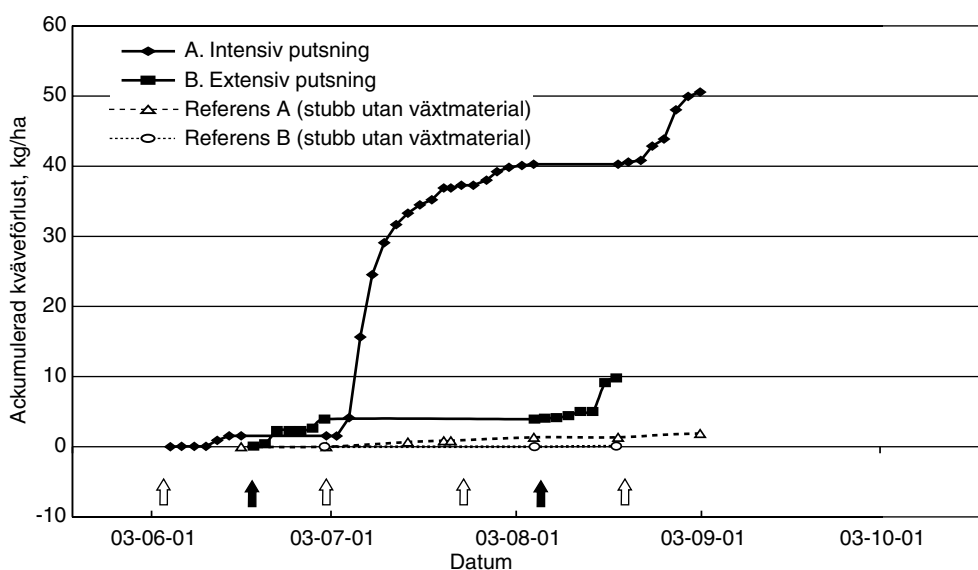


Bild 7. Ackumulerade kväveförluster via ammoniakavgång under mätperioderna 2003. Behandling A putsades fyra gånger under säsongen (2 juni, 30 juni, 21 juli och 18 augusti) och behandling B två gånger (16 juni och 4 augusti). Efter putsningen den 30 juni pågick ammoniakmätningarna hela 20 dagar.

2001 gick sammanlagt ca 8 kg kväve per hektar förlorat som ammoniak under mätperioderna i behandling A och lika mycket i behandling B. 2002 uppgick förlusterna till 31 respektive 39 kg per hektar och 2003 till 51 respektive 10 kg per hektar. Förlusterna från stubben (skördedraget) var låga men mätbara och uppgick som högst till ca 2 kg per hektar.

Det bör poängteras att ovan angivna siffror inte speglar hela sanningen, eftersom mätperioderna inte täcker hela säsongen (se tabell 4). I verkligheten var förlusterna sannolikt större.

Tabell 4. Tid från första putsning till vallbrott samt hur stor andel av tiden som täcktes av mätperioderna de olika åren.

År Behandling	Tidpunkter för		Antal dagar		Andel av tiden som täcktes av mätperioderna, %
	1:a putsning	Vallbrott	Totalt	Varav med NH ₃ -mätningar	
2001					
A. Intensiv	28 maj	27 augusti	91	48	52,7
B. Extensiv	11 juni	"	77	28	36,4
2002					
A. Intensiv	27 maj	8 oktober	134	56	41,8
B. Extensiv	10 juni	"	120	28	23,3
2003					
A. Intensiv	2 juni	13 oktober	133	62	46,6
B. Extensiv	16 juni	"	119	28	23,5

I den specialstudie som gjordes vid putsning A2 2003 skedde knappt 10 % av den sammanlagda ammoniakavgången de första 20 dyggen efter putsning under dag 15-20. Således hade vi med ordinarie mätperiod på 14 dagar efter detta putsnings-tillfälle lyckats fånga upp 90 % av ammoniakavgången.

Lakning från avslaget växtmaterial

Resultaten från lakningsstudien redovisas i bilaga 6 (tabell 6:1), tabell 5 och bild 8. I medeltal uppmättes en urlakning av totalkväve på ca 37 kg/ha och av fosfor ca 10 kg/ha. Urlakningen av organiskt kol uppmättes till ca 500 kg/ha. Någon tydlig inverkan av de båda putsningsstrategierna går inte att utläsa vad gäller de totalt urlakade mängderna av dessa ämnen. De skillnader i medelkoncentration som finns av kväve (och kalium år 2003) kan indirekt vara en följd av behandlingarna i och med att den genomsnittliga mängden växtmassa i relation till genomrunnen vattenvolym var något större på trattarna i behandling B. Det huvudsakliga syftet med denna delstudie var att försöka klarlägga i vilken omfattning som lakningsprocessen bidrar till att så liten del av avputsat material vanligen återfinns före nedbrukning (Torstensson, 2003a; 2003b).

Den genomrunna vattenmängden, som också redovisas i bilaga 6, skilde sig markant mellan behandling A och B. Detta beror till stor del på att mätningarna i behandling B alltid startade ca 2 veckor senare än i behandling A, men kan även ha påverkats av hur mycket växtmaterial som legat på trattarna vid ett och samma tillfälle. Ju mer material, desto mer regn "fastnar" på materialet för att sedan avdunsta utan att orsaka någon urlakning. Detta blir mest påtagligt då regnmängden är liten per nederbördstillfälle.

En annan sak som bör påpekas är att denna lakningsstudie endast avser transporten av växtnäring genom urlakning från avputsat material, som ligger kvar på markytan, till matjorden. Denna process får inte förväxlas med "normal" utlakning från markprofilen där växtnäringen går förlorad från fältet för alltid. Under de tidsperioder som studien utförts kan man ganska säkert utgå ifrån att den växtnäring som tillförts matjorden på detta sätt åter har tagits upp av den växande vallen.

Processen kan därmed direkt jämföras med vad som sker vid marktäckning med grönmassa.

Ett exempel på hur tidsförloppet kunde se ut visas i bild 8, som illustrerar ackumulerad avrinning och urlakning av analyserade ämnen från växtmaterialet på lakningstrattarna sommaren 2003.

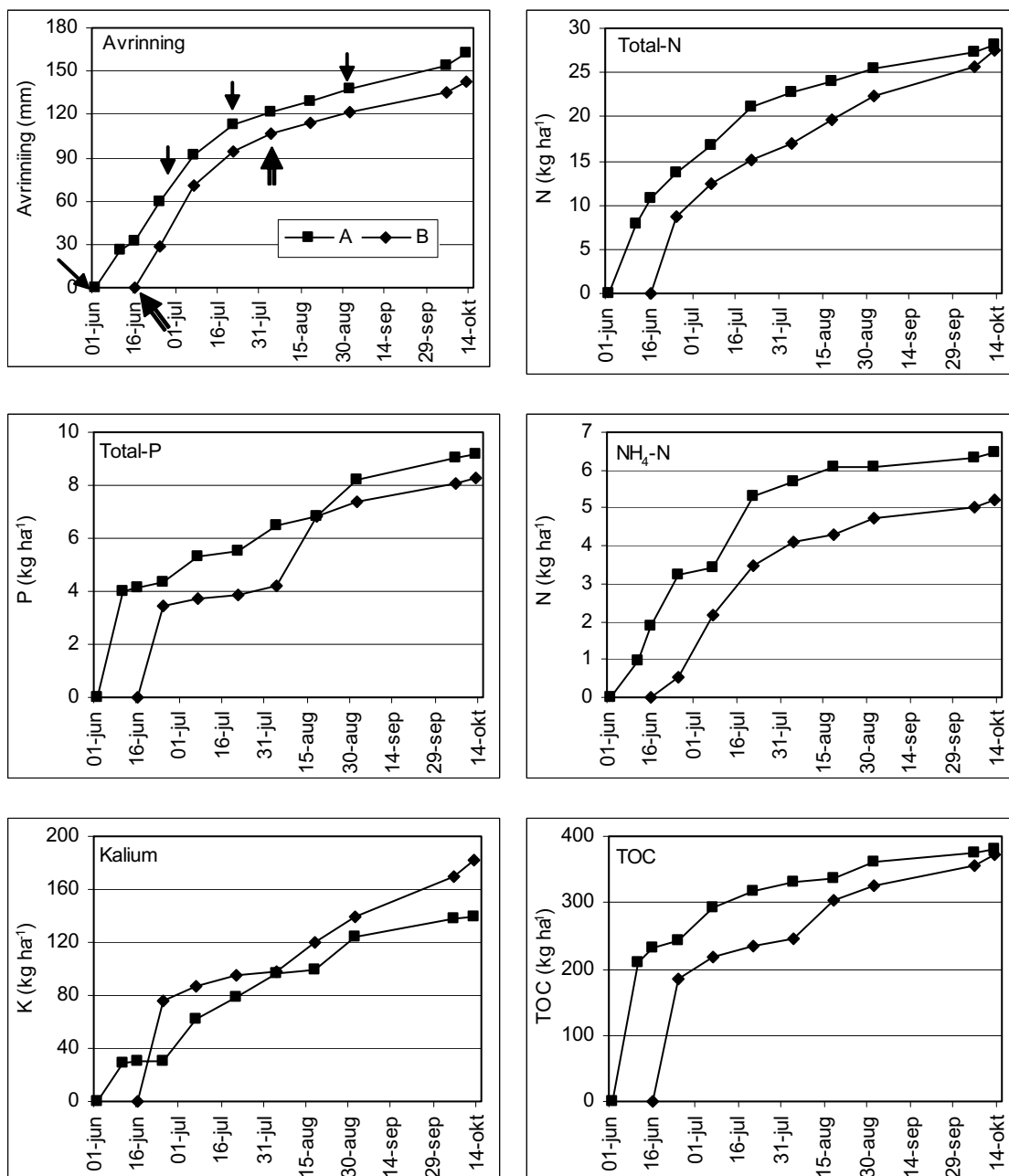


Bild 8. Ackumulerad avrinning och urlakning av analyserade ämnen från växtmaterialet på lakningstrattarna sommaren 2003. Pilarna i avrinningsdiagrammet indikerar putsningstillfällena i de båda behandlingarna.

Av de totala mängderna som uppmättes i avputsat växtmaterial utgjorde det urlakade kvävet i genomsnitt ca 16 %, fosfor ca 40 %, kalium ca 85 % och kolet ca 14 %. En jämförelse mellan mängden pålagt respektive återfunnet material på trattarna (tabell 5) antyder att en avsevärd biologisk nedbrytning (kol- och kväveförluster) skett, inte minst 2003. Andelen återfunnet material på trattarna var dock större än vad som återfanns på marken i försöksrutorna, vilket tyder på att nedbrytningen (och ev. lakningen) är mer effektiv på markytan än på trattarna.

Tabell 5. Jämförelse mellan pålagt och återstående material på lakningstrattar åren 2002 och 2003.

	Mängd, kg/ha									
	Behandling A					Behandling B				
	Ts	N	C	P	K	Ts	N	C	P	K
2002										
Pålagt, totalt	9385	284	3914	30	264	9776	233	4134	29	258
Återstod efter lakning	4547	200	1969	16	26	5229	183	2316	15	36
Materialförlust	4839	84	1945	14	238	4547	50	1818	14	222
<i>Därav uppmätt lakning</i>		52	396	15	-		46	461	13	-
2003										
Pålagt, totalt	5970	186	2514	20	160	8735	207	3752	27	218
Återstod efter lakning	956	37	420	3	5	4533	148	2002	13	23
Materialförlust	5014	149	2094	17	155	4202	59	1750	14	195
<i>Därav uppmätt lakning</i>		28	380	9	139		28	373	8	183

Resultaten visar ändå att lakningsprocessen kan vara av stor betydelse för att förklara den i många fall konstaterade förlusten av material och växtnäring från avputsat växtmaterial. Det bör dock betonas att mätvärdena, som ligger till grund för de beräknade värdena i bilaga 6 och tabell 5, kan vara behäftade med en icke obetydlig provtagnings- och analysosäkerhet och därför inte bör tolkas alltför "bokstavstroget".

Mineralkväve i marken

I bild 9 visas resultaten av 2001 års kväveprofilprovtagning. Som synes var markens innehåll av mineralkväve lågt vid samtliga provtagningstillfällen under sommaren, vilket bekräftar att vallen effektivt "dammsuger" marken på lättillgängligt kväve. På senhösten hade halterna ökat markant till följd av nedbrytning av organiskt material. Höga kvävehalter vid denna tid på året innebär risk för utlakning.

Resultaten från samtliga års kväveprofilprovtagning redovisas i bilaga 7 (tabell 7:1).

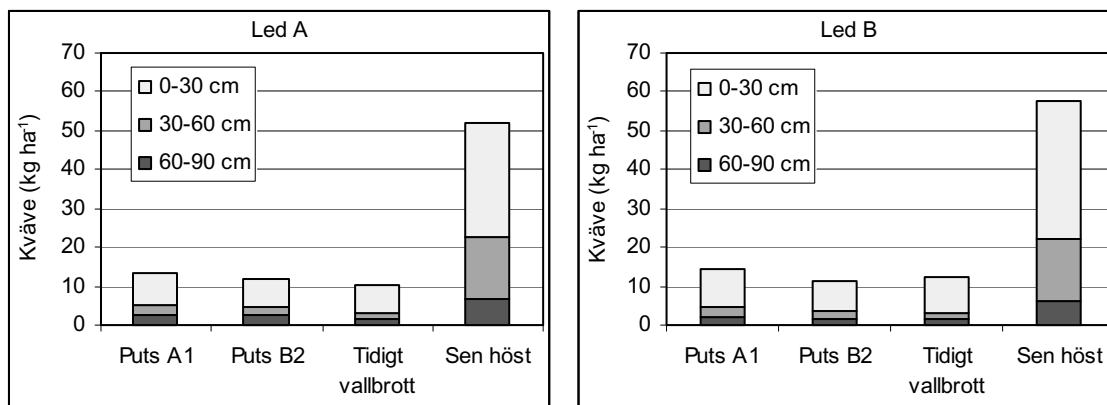


Bild 9. Mineralkväve i marken sommaren och hösten 2001, då vallbrottet gjordes i augusti följt av höstvetesådd.

Mängden kväve som tagits upp i spannmålsgrödans ovanjordiska delar vid provtagningen i november 2001 uppgick till ca 2 kg N per ha, vilket får anses normalt för höstvetete vid denna tid på året.

Diskussion

Vart tar kvävet vägen?

Huvudsyftet med projektet var att i ett första steg belysa kväveförlusterna i anslutning till odling och skötsel av grüngödslingsvallar.

Området är stort och komplext och kan, som alla förstår, inte genomlysas fullständigt i ett enskilt projekt som detta. Resultaten visar ändå att lakningsprocessen kan vara av stor betydelse för att förklara den i många fall konstaterade förlusten av material och växtnäring från avputsat växtmaterial. Av de totala mängderna som uppmättes i avputsat växtmaterial utgjorde det urlakade kvävet i genomsnitt ca 16 %, fosfor ca 40 %, kalium ca 85 % och kolet ca 14 %.

En hel del kväve kan också avgå som ammoniak om förutsättningarna är de rätta. Beroende på årsmån uppmättes ammoniakförluster motsvarande mellan 8 och 51 kg kväve per hektar under de tre åren försöket pågick. Det bör dock påpekas att ovan angivna siffror inte speglar hela sanningen, eftersom mätperioderna endast täckte mellan 23 och 53 % av tiden mellan första putsning och vallbrott. I verkligheten var förlusterna sannolikt större.

Till skillnad från det urlakade kvävet går det kväve som emitteras som ammoniak förlorat från odlingssystemet. Det urlakade kvävet finns kvar i marken och kan tas upp av vallen igen, utnyttjas av en efterföljande gröda – eller i sämsta fall utlakas eller avgå i form av lustgas eller kvävgas.

Vilka faktorer styr ammoniakavgång och lakningsförluster?

Ammoniakavgång

Ammoniakavgången styrs till stor del av vädret och uppvisar därmed stora årsmånsvariationer. 2002 och 2003 var förlusterna betydligt större än 2001. I de fall putsningen följdes av torrt väder var ammoniakavgången närmast obefintlig medan den i perioder med mycket regn eller ”varannandagsväder” kunde uppgå till över 6 kg kväve per ha och dygn. Valet av putsningsstrategi tycks i detta fall ha mindre betydelse.

Lakningsförluster

Inverkan av olika väderlek på lakningsförlusterna var i stort sett densamma som för ammoniakemissionen. Lakningsprocessen gynnas givetvis av hög nederbörd, men växlande upptorkning och vätning till följd av daggbildning och nederbörd stimulerar nedbrytning och ökar därmed troligen förekomsten av lakningsbara ämnen. Något direkt utslag av de olika putsningsstrategierna har inte gått att utläsa. Det spädare materialet vid intensiv putsning (4 ggr per säsong) tycks ha kompensats av den större mängden avslaget material vid extensiv putsning (2 ggr per säsong). Indirekt blev lakningen i behandling A något större, men den huvudsakliga orsaken till detta torde vara den längre exponeringstiden (första putsningen gjordes ca 2 veckor tidigare i behandling A än i behandling B), inte materialets egenskaper.

Vilken putsningsstrategi bör man välja?

Försöksresultaten visar att intensiv putsning (4 ggr per säsong) resulterade i lägre biomasseproduktion och mindre mängd fixerat kväve än extensiv putsning (2 ggr per säsong). Med undantag för kväve 2001 och kol 2001 och 2002 var också lakningsförlusterna något större i behandlingen med intensiv putsning. Ur växt-näringsynpunkt är det därför ingen fördel att putsa vallen oftare än nödvändigt. Däremot kan vallen behöva putsas flera gånger med tanke på ogräsbekämpnings-effekten.

Vilken strategi man i slutändan väljer får avgöras av vilket behov som dominerar i det enskilda fallet. I beslutet bör också kostnader för maskiner och arbete, praktiska aspekter (t.ex. möjligheter att bruka ner grödan) och eventuella hänsyn till biologisk mångfald vägas in.

Hur utnyttjar man vallens kvävefixerande förmåga bäst?

Det primära syftet med att odla grüngödslingsvall är som regel att tillföra kväve till odlingsystemet. Sekundärt kan grüngödslingsvall också odlas av andra skäl, t.ex. för att bekämpa ogräs och förbättra markstrukturen. För att uppnå huvudsyftet med odlingen gäller det att:

1. Se till att vallen fixerar så mycket kväve som möjligt.
2. Minimera förlusterna så att så mycket som möjligt av kvävet kommer efterföljande grödor till godo.

Som tidigare nämnts resulterade intensiv putsning i lägre biomasseproduktion och mindre mängd fixerat kväve än extensiv putsning. Ur växtnäringssynpunkt är det alltså ingen fördel att putsa vallen oftare än nödvändigt. Mest kväve skulle vallen sannolikt fixera om det avslagna växtmaterialet fördes bort för att spridas eller lagras på annan plats.

En annan viktig aspekt är att i möjligaste mån undvika att bryta vallen för tidigt på hösten. Så länge vallen ligger obruten är mineralkvävenivåerna i marken låga. Tidigt vallbrott leder däremot till höga kvävenivåer i marken på senhösten. 2001 uppmättes över 50 kg mineralkväve per ha vid provtagningen i november, vilket innebär stor risk för utlakningsförluster och/eller denitrifikation. Höstvetegrödans ovanjordiska delar innehöll vid samma tidpunkt endast ca 2 kg kväve per ha.

Slutsatser

- Laktionsprocessen kan vara av stor betydelse för att förklara den i många fall konstaterade förlusten av material och växtnäring från avputsat växtmaterial. Av de totala mängderna som uppmättes i avputsat växtmaterial utgjorde det urlakade kvävet i genomsnitt ca 16 %, fosfor ca 40 %, kalium ca 85 % och kolet ca 14 %.
- En hel del kväve kan också avgå som ammoniak om förutsättningarna är de rätta. Beroende på årsmån uppmättes ammoniakförluster motsvarande mellan 8 och 51 kg kväve per hektar under de tre åren försöket pågick.
- Ammoniakavgången styrs till stor del av vädret och uppvisar därmed stora årsmånsvariationer. I de fall putsningen följdes av torrt väder var ammoniakavgången närmast obefintlig medan den i perioder med mycket regn eller ”varannandagsväder” kunde uppgå till över 6 kg kväve per ha och dygn. Valet av putsningsstrategi tycks i detta fall ha mindre betydelse.
- Vädrets inverkan på laktionsförlusterna var i stort sett densamma som för ammoniakemissionen. Laktionsprocessen gynnas av hög nederbörd, men växlande upptorkning och vätning till följd av daggbildning och nederbörd stimulerar nedbrytning och ökar därmed troligen förekomsten av laktionsbara ämnen. Något direkt utslag av de olika putsningsstrategierna gick inte att utläsa.
- Ur växtnäringssynpunkt är det ingen fördel att putsa vallen oftare än nödvändigt. Intensiv putsning resulterade i lägre biomasseproduktion och mindre mängd fixerat kväve än extensiv putsning. Med undantag för kväve 2001 och kol 2001 och 2002 var också laktionsförlusterna något större i behandlingen med intensiv putsning.
- Vallens huvudsakliga bruttobidrag till efterföljande grödor utgörs av kväve i rötter och ovanjordisk grönmassa som hunnit växa till efter den senaste putsningen. Mindre än 20 % av det totala kväveinnehållet i avputsat material återfanns i form av förna då vallen bröts.

- Vallen ”dammsuger” effektivt marken på lättillgängligt kväve. Vid samtliga provtagningstillfällen under sommaren var markens innehåll av mineralkväve lågt, vilket tyder på att kväve som lakas ur från avslaget växtmaterial snabbt tas upp av vallväxterna igen.
- Så länge vallen ligger obruten förblir mineralkvävenivåerna i marken låga. Tidigt vallbrott leder däremot till höga kvävenivåer i marken på senhösten, vilket innebär stor risk för utlakningsförluster och/eller denitrifikation.

Litteratur

- FOSS TECATOR, 2000. Determination of ammonium in water by FIA Star 5000. Application Note 5220.
- Jaakola S., 1995. Effekter av marktäckning. Forskningsnytt om økologisk landbruk i Norden 5, 11.
- Janzen H.H. & McGinn S.M., 1991. Volatile loss of nitrogen during decomposition of legume green manure. *Soil Biol. Biochem.* Vol 23, No. 3, 291-297.
- Kirchmann H., Esala M., Morken J., Ferm M., Bussink W., Gustavsson J. & Jakobsson C., 1998. Ammonia emissions from agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 1-3.
- Kirsten W.J. & Hesselius G.U. 1983. Rapid automatic, high capacity Dumas determination of nitrogen. *Microchemistry journal* 28, 529-547.
- Larsson L., 1997. Evaluation of mulching in organically grown blackcurrant (*Ribes nigrum*) in terms of its effect on the crop and the environment. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences 28.
- Lindén B., 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapport 112. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Lindén B., 1979. Alvprovtagning med ”Ultuna-borren”- för markkartering och framtida N-prognoser. Rapport 120. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Malgeryd J., 1996. Åtgärder för att minska ammoniakavgången vid spridning av stallgödsel. JTI-rapport Lantbruk & industri 229, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Marstorp H., 1995. Influence of protein degradation and protein content in cut *Lolium multiflorum* leaves on the delay in ammonia volatilisation. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 25, 179-183.
- Salt P.D., 1965. An apparatus for measuring losses of ammonia from decomposing plant materials. *Chemistry and Industry*, 11, 461-462.
- SJV, 1991. Ammoniakförluster från jordbruket. Förslag till åtgärdsprogram. SJV Rapport 1991:11, Jordbruksverket, Jönköping.
- SMHI., 2001. Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90 Referensnormaler. Meteorologi 99, SMHI, Norrköping.
- SS-EN 1484-1, 1997. Vattenundersökningar - Riktlinjer för bestämning av totalt organiskt kol (TOC) och löst organiskt kol (DOC)
- SS-EN 12260-1, 2004. Vattenundersökningar - Bestämning av bundet kväve efter oxidation till kväveoxider.
- SS-EN 1189-1, 1997. Vattenundersökningar - Bestämning av fosfor – Spektrometrisk metod med ammoniummolybdat.

- Svensson L., 1993. Ammonia volatilization from land-spread livestock manure – Effects of factors relating to meteorology, soil/manure and application technique. Dissertation, Swedish Institute of Agricultural Engineering, Uppsala.
- Torstensson G., 1998. Nitrogen Delivery and Utilization by Subsequent crops after incorporation of Leys with Different Plant Composition. *Biological Agriculture and Horticulture*, Vol 16.
- Torstensson G., 2003a. Ekologisk odling – utlakningsrisker och kväveomsättning. Ekologiska odlingssystem med respektive utan djurhållning på sandig mojord i södra Halland. *Ekohydrologi 72*. Avdelningen för vattenvårdslära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.
- Torstensson G., 2003b. Ekologisk odling – utlakningsrisker och kväveomsättning. Ekologiska odlingssystem med respektive utan djurhållning på lerjord i Västra Götaland. *Ekohydrologi 73*. Avdelningen för vattenvårdslära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.
- Whitehead D.C. & Lockyer D.R., 1989. Decomposing grass herbage as a source of ammonia in the atmosphere. *Atmospheric Environment*, 23, 1867-1869.
- Whitehead D.C., Lockyer D.R. & Raistrick N., 1988. The volatilisation of ammonia from perennial ryegrass during decomposition, drying and induced senescence. *Annals of Botany*, 61, 567-571.
- Wivstad M., 1997. Green-Manure Crops as a Source of Nitrogen in Cropping Systems. Doktorsavhandling vid SLU. *Acta Universitatis Agriculturae. Agraria 34*. Uppsala.

Väderdata för försöksåren 2001-2003 och perioden 1961-1991

Tabell 1:1. Månadsvis nederbörd under försöksåren 2001-2003 samt medelvärden för perioden 1961-1990 (referensnormaler) för området (SMHI, 1991). Värdena för försöksåren är uppmätta vid Lanna, dvs. i anslutning till försöksfältet.

Månad	Nederbörd, mm			
	2001	2002	2003	1961-90
januari	38	58	21	37
februari	37	61	4	24
mars	31	30	13	30
April	57	22	60	30
Maj	68	84	59	41
juni	25	128	80	51
Juli	103	65	107	63
Augusti	60	44	30	62
September	67	16	7	65
Oktober	72	52	41	61
November	23	66	68	57
December	28	21	58	39
Summa maj – augusti	239	298	276	217

Tabell 1:2. Månadsvis luftmedeltemperatur under försöksåren 2001-2003 samt medelvärden för perioden 1961-1990 (referensnormaler) för området (SMHI, 1991). Värdena för försöksåren är uppmätta vid Lanna, dvs. i anslutning till försöksfältet.

Månad	Luftmedeltemperatur, °C			
	2001	2002	2003	1961-90
januari	-0,4	1,1	-3,1	-3,1
Februari	-3,3	2,4	-3,3	-3,4
mars	-0,8	2,3	2,1	-0,2
April	4,6	6,4	4,7	4,7
Maj	10,4	11,8	14,2	10,6
juni	12,7	14,6	15,2	14,7
Juli	16,4	16,5	18,8	15,8
Augusti,	15,3	18,5	14,0	14,9
September	11	12	12,7	11,0
Oktober	9,7	3,5	4,1	7,0
November	2,5	0,6	4,2	2,1
December	-2,7	-3,8	1,5	-1,3
Medelvärde maj – augusti	13,7	15,4	15,6	14,0

Tidpunkter för putsning, plöjning och provtagning av mark och gröda

Tabell 2:1. Verkliga tidpunkter för putsning och plöjning de olika försöksåren. Grödprover togs vid varje putsningstillfälle och omedelbart före plöjning. 2001 provtogs dessutom den efterföljande höstvetegrödan i november. Kväveprofilprovtagning utfördes vid första putsningen i behandling A, vid andra putsningen i behandling B och omedelbart före plöjning. 2001 togs dessutom kväveprofilprover den 1 november.

År	Åtgärd	Tidpunkter		Behandling B. Extensiv
		Behandling A. Intensiv		
		Låg ¹⁾	Hög ¹⁾	
2001	Putsning	28 maj	28 maj	
				11 juni
		25 juni	25 juni	
		16 juli		
				30 juli
	Plöjning	20 augusti	20 augusti	
		27 augusti	27 augusti	27 augusti
2002	Putsning	27 maj		
				10 juni
		24 juni		
		15 juli		
				29 juli
	Plöjning	12 augusti		
		8 oktober		8 oktober
2003	Putsning	2 juni		
				16 juni
		30 juni		
		21 juli		
				4 augusti
	Plöjning	18 augusti		
		13 oktober		13 oktober

1) Genom ett misstag putsades bara halva A-rutorna den 16 juli. Behandling A kom därför efter detta datum att delas upp i A_{låg} (putsad enligt plan vid fyra tillfällen) och A_{hög} (putsad endast vid tre tillfällen).

Stubbhöjd/grödans höjd

Tabell 3:1. Stubbhöjd efter putsning, 2001 års försök. Behandling A = intensiv putsning, B = extensiv putsning. Referensytorna (C/A respektive C/B) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Behandling	Mätdatum	Stubbhöjd, cm			Medelvärde, Spännvidd behandling	
			Medelvärde, parcell				
Putsnings- tillfälle			1	2	3		
2001							
1 (28 maj)	A	28 maj	8,8	9,4	8,2	8,8	6 – 14
		11 juni	18,4	21,7	22,1	20,7	12 – 35
	C/A	28 maj	5,2	8,2	5,0	6,1	3 – 9
		11 juni	15,0	12,2	15,4	14,2	7 – 21
2 (11 juni)	B	11 juni	12,4	12,1	11,3	11,9	6 – 25
		25 juni	6,2	14,6	17,0	15,9	13 – 20
	C/B	11 juni	7,0	8,6	6,8	7,5	5 – 10
		25 juni	7,4	9,0	9,8	8,7	5 – 13
3 (25 juni)	A	25 juni	12,0	12,2	9,4	11,2	6 – 25
		9 juli	Mätvärden saknas				
	A _{hög} ¹	30 juli	59,3	63,4	65,8	62,8	50 – 72
	C/A	25 juni	6,4	7,0	6,2	6,5	5 – 8
		9 juli	Mätvärden saknas				
4 (16 juli)	A _{låg} ¹	16 juli	6,6	6,6	8,6	7,3	5 – 10
		30 juli	25,8	25,0	29,6	26,8	15 – 36
	C/A _{låg} ¹	16 juli	4,4	5,4	6,8	5,5	3 – 10
		30 juli	24,6	31,2	27,6	27,8	20 – 40
5 (30 juli)	B	30 juli	14,2	14,6	13,8	14,2	10 – 18
		13 augusti	Mätvärden saknas				
	C/B	30 juli	4,4	9,0	7,4	6,9	3 – 15
		13 augusti	Mätvärden saknas				
6 (20 aug)	A _{låg} ¹	20 augusti	12,2	12,8	13	12,7	9 – 18
	A _{hög} ¹	20 augusti	20,4	17,8	14,2	17,5	9 – 35
	C/A	20 augusti	Mätvärden saknas				

1) Genom ett misstag putsades bara halva A-rutorna den 16 juli. Behandling A kom därför efter detta datum att delas upp i A_{låg} (putsad fyra gånger enligt plan) och A_{hög} (putsad endast vid tre tillfällen).

Tabell 3:2. Stubbhöjd efter putsning, 2002 års försök. Behandling A = intensiv putsning, B = extensiv putsning. Referensytorna (C/A respektive C/B) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Behandling	Mätdatum	Stubbhöjd, cm			Medelvärde, Spännvidd behandling	
			Medelvärde, parcell				
Putsnings- tillfälle			1	2	3		
2002							
1 (27 maj)	A	27 maj	17,0	12,2	10,2	13,1	7 – 30
		10 juni	21,6	15,6	17,4	18,2	13 – 35
	C/A	27 maj	6,8	7,5	8,0	7,4	6 – 10
		10 juni	9,8	12,2	12,4	11,5	8 – 15
2 (10 juni)	B	10 juni	9,0	8,6	10,2	9,3	6 – 18
		24 juni	18,4	14,8	22,8	18,7	13 – 30
		8 juli	19,6	18,0	17,8	18,5	14 – 22
		15 juli	21,2	20,8	20,2	20,7	
	C/B	10 juni	6,0	6,4	6,6	6,3	4 – 8
		24 juni	16,6	14,8	13,8	15,1	10 – 20
		8 juli	18,0	18,0	19,8	18,6	16 – 23
		15 juli	Ingen synlig skillnad jämfört med B-rutorna				
3 (24 juni)	A	24 juni	9,8	14,6	10,0	11,5	7 – 23
		8 juli	21,6	22,8	17,2	20,5	16 – 24
	C/A	24 juni	7,8	11,8	6,2	8,6	5 – 23
		8 juli	16,8	21,0	16,2	18,0	14 – 23
4 (15 juli)	A	15 juli	6,8	8,4	5,6	6,9	4 – 12
		29 juli	18,4	21,2	18,2	19,3	15 – 23
	C/A	15 juli	5,6	7,0	5,4	6,0	3 – 8
		29 juli	18,6	19,6	18,8	19,0	17 – 21
5 (29 juli)	B	29 juli	7,4	7,2	7,4	7,3	4 – 12
		12 augusti	21,2	17,8	18,6	19,2	16 – 30
	C/B	29 juli	6,0	5,0	4,6	5,2	3 – 7
		12 augusti	17,8	18,6	14,8	17,1	9 – 22
6 (12 aug)	A	12 augusti	5,4	5,2	5,4	5,3	4 – 7
	C/A	12 augusti	8,0	8,4	9,8	8,7	5 – 14

Tabell 3:3. Stubbhöjd efter putsning, 2003 års försök. Behandling A = intensiv putsning, B = extensiv putsning. Referensytorna (C/A respektive C/B) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Behandling	Mätdatum	Stubbhöjd, cm			Medelvärde, Spännvidd behandling		
			Medelvärde, parcell					
Putsnings- tillfälle			1	2	3			
2003								
1 (2 juni)	A	2 juni	8,3	9,0	12,8	10,0	6 – 25	
		16 juni	13,2	14,8	14,2		9 – 17	
	C/A	2 juni	6,4	6,0	7,4	6,6	5 – 10	
		16 juni	11,2	10,8	7,0		9,7	5 – 17
2 (16 juni)	B	16 juni	10,8	15,2	9,2	11,7	5 – 23	
		30 juni	12,0	12,8	12,0		12,3	10 – 14
		21 juli	36,8	27,2	37,2		33,7	24 – 45
	C/B	16 juni	5,6	7,2	6,0	6,3	4 – 8	
		30 juni	10,4	11,4	10,2		10,7	9 – 13
		21 juli	Ingen synlig skillnad jämfört med B-rutorna					
3 (30 juni)	A	30 juni	3,8	3,0	6,4	4,4	2 – 8	
		21 juli	Mätvärden saknas					
	C/A	30 juni	7,2	6,8	8,6	7,5	6 – 9	
		21 juli	Mätvärden saknas					
4 (21 juli)	A	21 juli	13,6	9,8	8,2	10,5	5 – 20	
		4 augusti	18,8	22,4	19,6		20,3	15 – 27
	C/A	21 juli	6,0	5,6	6,2	5,9	4 – 8	
		4 augusti	18,3	16,6	18,4		17,8	14 – 23
5 (4 aug)	B	4 augusti	7,5	12,0	12,4	10,6	5 – 25	
		18 augusti						
	C/B	4 augusti	5,6	5,9	5,9	5,8	4 – 8	
		18 augusti						
6 (18 aug)	A	18 augusti						
	C/A	18 augusti						

Mängd avslaget växtmaterial och materialets sammansättning

Tabell 4:1. Mängd avslaget växtmaterial vid de olika putsningstillfällena och före vallbrott, samt materialets innehåll av N, P, K och C/N-kvot (medeltal för respektive behandling). SD-p avser variationen mellan behandlingens parcellvisa årssummor, SD-y avser medelvariationen för de tre åren.

År	Behandling A						Behandling B						
	Putsnings- tillfälle	Datum	Ts t/ha	N	P	K	C/N	Datum	Ts t/ha	N	P	K	C/N
2001													
Puts 1	28-maj	2,1	60	-	-	-	15	11-jun	3,8	92	-	-	17
Puts 2	25-jun	2,1	62	-	-	-	14	30-jul	4,6	121	-	-	16
Puts 3	16-jul	1,7	55	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-
Puts 4	20-aug	2,7	88	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-
Före vallbrott	27-aug	-	-	-	-	-	-	27-aug	2,6	79	-	-	14
Stubb+Förna	27-aug	1,3	34	-	-	-	16	27-aug	2,0	53	-	-	16
Avputsat	Summa	8,7	266	27*	229*	-	14	Summa	8,4	213	20*	200*	17
	SD-p	0,3	9	-	-	-	-	SD-p	0,4	8	-	-	-
Tot. Prod.	Summa	8,7	266	27*	229*	-	14	Summa	11,0	292	27*	261*	16
	SD-p	0,3	9	-	-	-	-	SD-p	0,8	17	-	-	-
Nerbrukat	Summa	4,1	122	-	-	-	14	Summa	4,6	132	-	-	15
	SD-p	0,2	7	-	-	-	-	SD-p	0,4	14	-	-	-
2002													
Puts 1	27-maj	4,0	118	12	104	-	14	10-jun	6,0	134	18	141	19
Puts 2	24-jun	2,1	68	6	55	-	13	29-jul	3,8	99	11	117	16
Puts 3	15-jul	1,1	34	4	35	-	13	-	-	-	-	-	-
Puts 4	12-aug	2,1	64	8	70	-	14	-	-	-	-	-	-
Före vallbrott	08-okt	1,1	34	4	32	-	14	08-okt	3,6	99	9	94	15
Stubb+Förna	08-okt	3,4	94	-	-	-	14	08-okt	3,9	103	-	-	15
Avputsat	Summa	9,4	284	30	264	-	14	Summa	9,8	233	29	258	18
	SD-p	0,5	21	1,5	14	-	-	SD-p	0,4	3	1,3	10	-
Tot. Prod.	Summa	10,5	318	33	296	-	14	Summa	13,3	332	38	351	17
	SD-p	0,6	25	1,9	17	-	-	SD-p	0,5	5	1,4	11	-
Nerbrukat	Summa	4,5	128	-	-	-	14	Summa	7,5	202	-	-	15
	SD-p	3,9	16	-	-	-	-	SD-p	0,1	7	-	-	-
2003													
Puts 1	02-jun	2,2	54	7	51	-	17	16-jun	4,8	108	14	113	19
Puts 2	30-jun	1,7	58	5	42	-	13	04-aug	3,9	99	13	105	17
Puts 3	21-jul	0,6	21	2	14	-	13	-	-	-	-	-	-
Puts 4	18-aug	1,5	52	6	53	-	11	-	-	-	-	-	-
Före vallbrott	13-okt	0,8	28	3	20	-	13	13-okt	1,5	51	4	31	13
Stubb+Förna	13-okt	1,4	35	-	-	-	16	13-okt	2,1	51	-	-	17
Avputsat	Summa	6,0	186	20	160	-	14	Summa	8,7	207	27	218	18
	SD-p	0,5	10	1,3	9	-	-	SD-p	0,2	10	0,6	4	-
Tot. Prod.	Summa	6,8	214	23	180	-	13	Summa	10,2	258	30	249	17
	SD-p	0,4	6	1,0	7	-	-	SD-p	0,2	11	0,4	3	-
Nerbrukat	Summa	2,2	63	-	-	-	14	Summa	3,6	101	-	-	15
	SD-p	0,3	10	-	-	-	-	SD-p	0,2	7	-	-	-

Medeltal 2001-2003	Behandling A						Behandling B					
		Ts t/ha	N	P	K	C/N		Ts t/ha	N	P	K	C/N
Avputsat	Medel	8,0	245	25	212	14	Medel	9,0	218	28	238	18
	<i>SD-y</i>	0,4	13	1	11	-	<i>SD-y</i>	0,3	7	1	7	-
Tot. Prod.	Medel	8,7	266	28	238	14	Medel	11,5	294	34	300	17
	<i>SD-y</i>	0,4	12	1	12	-	<i>SD-y</i>	0,5	11	1	6	-
Nerbrukat	Medel	3,6	104	-	-	14	Medel	5,2	145	-	-	15
	<i>SD-y</i>	1,3	12	-	-	-	<i>SD-y</i>	0,3	10	-	-	-

- Skattade värden utifrån medelhalter från åren 2002 och 2003.

Ammoniakavgång m.m.

Tabell 5:1. Ammoniakkoncentrationer, överföringstal och kväveförluster samt antal upprepningar (parceller) med tillförlitliga mätresultat vid ammoniakmätningarna i behandling A (intensiv putsning) i 2001 års försök. Referensytorna (C/A) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Be-handling	Mät-till-fälle	NH ₃ -koncentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Överföringstal, m/s		N-förlust via NH ₃ -avgång kg/ha*dygn	Antal upprepningar (max=3 st)	
			C _{ch}	C _a	C _{eq}	K _{ch}	K _z			
2001										
1	A	1	33	41	17	0,0012	0,0015	-0,026	1	
		2	32	50	5		0,0007	-0,025	2	
		3	18	10	33	0,0014	0,0039	0,063	1	
		4	26	15	48		0,0020	0,047	2	
		5	26	19	40	0,0017	0,0016	0,026	2	
		6	34	19	65		0,0032	0,114	3	
		7	58	36	102	0,0034	0,0035	0,083	2	
	C/A	1	5	5	5	0,0018	0,0024	0,001	2	
		2	7	6	9	0,0025	0,0024	0,002	2	
	3	A	1	34	39	30	0,0044	0,0018	0,003	3
			2	28	41	16		0,0013	-0,009	2
			3	13	22	6		0,0027	-0,022	2
			4	27	48	10	0,0053	0,0014	-0,028	3
			5	29	27	32		0,0022	0,010	2
6			30	61	4		0,0010	-0,037	2	
7			25	28	23	0,0057	0,0024	-0,006	3	
C/A		1	11	9	12	0,0121	0,0045	0,030	3	
		2	8	12	6	0,0106	0,0026	0	3	
4		A	1	4	2	5	0,0059	0,0047	0,008	3
	2		20	2	29		0,0104	0,209	3	
	3		73	10	106		0,0178	1,011	3	
	4		78	5	115		0,0106	0,813	3	
	5		39	7	55		0,0073	0,299	3	
	6		20	2	30		0,0076	0,153	2	
	7		11	1	17	0,0206	0,0100	0,139	3	
	C/A	1	26	6	30	0,0160	0,0073	0,126	3	
		2	6	2	6	0,0284	0,0071	0,027	2	
	6	A _{låg}	1	37	38	37	0,0150	0,0067	0,016	3
2			108	49	131		0,0067	0,325	3	
3			91	46	109	0,0083	0,0092	0,456	3	
A _{hög}		1	41	33	44	0,0117	0,0088	0,085	3	
		2	105	32	134		0,0068	0,858	1	
		3	50	35	55	0,0102	0,0087	0,128	3	

Tabell 5.2. Ammoniakkoncentrationer, överföringstal och kväveförluster samt antal upprepningar (parceller) med tillförlitliga mätresultat vid ammoniakmätningarna i behandling B (extensiv putsning) i 2001 års försök. Referensytorna (C/B) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Be- hand- Tillfälle	Mät- till- fälle	NH ₃ -koncentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Överföringstal, m/s		N-förlust via NH ₃ -avgång kg/ha*dygn	Antal upp- repningar (max=3 st)	
			C _{ch}	C _a	C _{eq}	K _{ch}	K _z			
2001										
2	B	1	6	7	6	0,0045	0,0044	-0,002	3	
		2	5	4	5		0,0078	0,012	3	
		3	4	4	4	0,0107	0,0083	0,004	3	
		4	5	4	5	0,0166	0,0121	0,013	3	
		5	6	3	7		0,0081	0,025	2	
		6	11	9	13		0,0105	0,034	3	
		7	24	12	30	0,0130	0,0078	0,097	3	
	C/B	1	3	3	2	0,0064	0,0059	-0,005	3	
		2	1	2	1	0,0132	0,0189	-0,008	3	
	5	B	1	26	29	25	0,0056	0,0027	-0,002	3
			2	28	15	38		0,0052	0,091	3
			3	24	26	23		0,0037	-0,002	3
			4	20	21	20		0,0042	-0,003	3
			5	86	49	110		0,0030	0,172	3
6			317	53	492		0,0091	2,800	3	
7			251	96	354	0,0080	0,0037	0,801	3	
C/B		1	29	14	34	0,0144	0,0067	0,158	3	
		2	26	13	30	0,0118	0,0087	0,169	3	

Tabell 5:3. Ammoniakkoncentrationer, överföringstal och kväveförluster samt antal upprepningar (parceller) med tillförlitliga mätresultat vid ammoniakmätningarna i behandling A (intensiv putsning) i 2002 års försök. Referensytorna (C/A) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Be-hand- ling	Mät- till- fälle	NH ₃ -koncentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Överföringstal, m/s		N-förlust via NH ₃ -avgång kg/ha*dygn	Antal upp- repningar (max=3 st)
			C _{ch}	C _a	C _{eq}	K _{ch}	K _z		
2002									
1	A	1	39	16	49	0,0071	0,0034	0,008	2
		2	48	53	46		0,0010	0,008	3
		3	109	33	142		0,0033	0,235	3
		4	137	80	162	0,0082	0,0052	0,394	3
		5	188	28	260		0,0056	0,970	3
		6	131	33	175		0,0041	0,414	3
		7	82	25	107	0,0133	0,0032	0,196	3
	C/A	1	4	6	3	0,0055	0,0050	-0,008	3
3	A	1	41	27	50	0,0016	0,0036	0,063	2
		2	149	43	216		0,0030	0,477	3
		3	147	37	215		0,0057	0,778	3
		4	127	33	186	0,0056	0,0110	1,196	1
		5	550	165	790		0,0030	1,355	1
		6	188	73	260		0,0047	1,046	2
		7	106	45	144	0,0090	0,0065	0,401	3
	C/A	1	20	13	24	0,0084	0,0073	0,070	3
4	A	1	55	55	55	0,0059	0,0016	0,001	2
		2	151	130	168		0,0016	0,050	3
		3	203	46	338		0,0047	1,067	3
		4	429	305	536	0,0012	0,0016	0,277	2
		5	473	98	797		0,0017	0,861	1
		6	342	36	608		0,0047	2,086	3
		7	180	72	273	0,0037	0,0017	0,338	3
	C/A	1	19	14	32	0,0109	0,0049	0,033	3
6	A	1	34	23	41	0,0048	0,0051	0,089	3
		2	75	18	114		0,0082	0,645	3
		3	113	23	174		0,0070	0,766	3
		4	102	17	159	0,0077	0,0077	0,820	3
		5	69	22	101		0,0043	0,194	3
		6	46	23	61		0,0030	0,080	2
		7	52	7	83	0,0057	0,0052	0,267	3
	C/A	1	9	7	10	0,0132	0,0080	0,022	3

Tabell 5:4. Ammoniakkoncentrationer, överföringstal och kväveförluster samt antal upprepningar (parceller) med tillförlitliga mätresultat vid ammoniakmätningarna i behandling B (extensiv putsning) i 2002 års försök. Referensytorna (C/B) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Be-hand- ling	Mät- till- fälle	NH ₃ -koncentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Överföringstal, m/s		N-förlust via NH ₃ -avgång kg/ha*dygn	Antal upp- repningar (max=3 st)
			C _{ch}	C _a	C _{eq}	K _{ch}	K _z		
2002									
2	B	1	23	20	26	0,0064	0,0110	0,044	2
		2	88	22	133		0,0084	0,569	3
		3	180	18	288		0,0117	2,276	2
		4	157	29	244	0,0071	0,0077	1,339	3
		5	292	23	472		0,0158	4,825	3
		6	504	86	784		0,0130	6,510	3
		7	233	26	371	0,0027	0,0136	3,257	2
	C/B	1	5	4	4	0,0057	0,0094	-0,018	1
5	B	1	81	140	49	0,0062	0,0012	-0,082	2
		2	175	265	126		0,0010	-0,121	3
		3	181	50	252		0,0030	0,333	3
		4	130	76	159	0,0108	0,0025	0,177	3
		5	117	58	148		0,0017	0,120	3
		6	172	89	217		0,0018	0,166	1
		7	150	234	106	0,0089	0,0020	-0,102	2
	C/B	1	27	13	37	0,0074	0,0037	0,090	3

Tabell 5:5. Ammoniakkoncentrationer, överföringstal och kväveförluster samt antal upprepningar (parceller) med tillförlitliga mätresultat vid ammoniakmätningarna i behandling A (intensiv putsning) i 2003 års försök. Referensytorna (C/A) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Be-hand- ling	Mät- till- fälle	NH ₃ -koncentration, $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Överföringstal, m/s		N-förlust via NH ₃ -avgång kg/ha*dygn	Antal upp- repningar (max=3 st)
			C _{ch}	C _a	C _{eq}	K _{ch}	K _z		
2003									
1	A	1							0
		2	39	27	56		0,0016	0,034	2
		3							0
		4							0
		5	108	25	213		0,0027	0,443	3
		6	74	20	142		0,0039	0,332	3
		7							0
	C/A	1						0	
3	A	1	15	16	15	0,0073	0,0137	-0,013	1
		2	235	37	325		0,0060	1,235	2
		3	476	26	611		0,0149	6,106	3
		4	374	16	463	0,0115	0,0133	4,437	3
		5	197	8	253		0,0131	2,288	3
		6	156	19	203		0,0088	1,281	3
		7	121	14	155	0,0131	0,0092	0,814	3
		8	84	7	106		0,0086	0,601	3
		9	99	14	138		0,0045	0,364	2
		10	149	21	207	0,0098	0,0056	0,823	3
	C/A	1	7	4	9	0,0082	0,0130	0,049	3
2		8	10	28	0,0030	0,0049	0,030	1	
4	A	1	19	3	19	0,0066	0,0150	0,191	2
		2	25	34	20		0,0014	0,003	3
		3	35	6	52		0,0116	0,332	2
		4	93	9	139	0,0054	0,0072	0,680	3
		5	38	28	90		0,0063	0,318	2
		6	26	8	36		0,0052	0,116	3
		7	26	11	34	0,0136	0,0061	0,093	3
	C/A	1	11	6	13	0,0146	0,0074	0,035	3
6	A	1	34	8	62	0,0021	0,0045	0,172	2
		2	43	29	58		0,0071	0,113	2
		3	120	26	224		0,0089	1,074	3
		4	56	8	108	0,0137	0,0081	0,505	2
		5	179	15	359		0,0076	2,067	3
		6	83	19	153		0,0097	0,947	3
		7	117	16	229	0,0020	0,0020	0,303	2
	C/A	1	6	2	9	0,0172	0,0172	0,039	1

Tabell 5:6. Ammoniakkoncentrationer, överföringstal och kväveförluster samt antal upprepningar (parceller) med tillförlitliga mätresultat vid ammoniakmätningarna i behandling B (extensiv putsning) i 2003 års försök. Referensytorna (C/B) utgjordes av skördedraget i respektive parcell.

År	Be-handling	Mät-till-fälle	NH ₃ -koncentration, µg/m ³			Överföringstal, m/s		N-förlust via NH ₃ -avgång kg/ha*dygn	Antal upprepningar (max=3 st)
			C _{ch}	C _a	C _{eq}	K _{ch}	K _z		
2003									
2	B	1	7	5	8	0,0080	0,0129	0,050	3
		2	10	2	14		0,0311	0,161	3
		3	89	8	135		0,0081	0,950	2
		4	7	7	7	0,0027	0,0032	0	1
		5							0
		6	39	11	55		0,0054	0,167	1
		7	70	16	101	0,0084	0,0101	0,644	2
	C/B	1	2	2	2	0,0056	0,0124	0	1
5	B	1	27	12	35	0,0037	0,0041	0,075	3
		2	24	20	26		0,0051	0,043	3
		3	39	14	52		0,0049	0,136	3
		4	36	12	50	0,0127	0,0102	0,308	3
		5							0
		6	234	34	347		0,0085	1,965	2
		7	62	9	92	0,0054	0,0059	0,352	1
	C/B	1	9	8	10	0,0069	0,0055	0,006	2

Avrunnen vattenmängd från lakningstrattarna samt lakvattnets innehåll av N, P, K och C

Tabell 6:1. Avrunnen vattenmängd från lakningstrattarna uttryckt som "mm" (L/m²) och urlakade mängder (kg/ha) av analyserade ämnen från växtmaterial efter de olika putsningstillfällena (medeltal för respektive behandling). 2001 togs det gamla materialet bort innan nytt fylldes på, de följande åren fick allt växtmaterial ligga kvar fram till tiden för vallbrott.

År	Behandling A							Behandling B							
	Putsning stillfälle	Datum	mm	NH ₄ N	TotN	P	K	TOC	Datum	mm	NH ₄ N	TotN	P	K	TOC
2001															
	Puts 1	28-maj							11-jun						
	Puts 2	25-jun	40	2,4	10,7	2,9	-	331	30-jul	62	6,9	28,3	3,6	-	523
	Puts 3	16-jul	59	1,8	9,3	2,4	-	150	-	-	-	-	-	-	-
	Puts 4	20-aug	24	2,1	6,7	2,6	-	67	20-aug	18	2,5	9,6	4,0	-	158
	Vallbrott	27-aug	10	2,1	5,2	3,1	-	95	27-aug	-	-	-	-	-	-
	Summa		132	8,4	31,9	11,1	-	644	Summa	80	9,4	37,9	7,5	-	680
	(n=2)	SD-p	2	4,4	0,8	0,4	-	56	SD-p	1	1,1	1,3	0,8	-	110
	Medelkonc. (mg/l)			6,4	24,1	8,4	-	-			11,7	47,2	9,4	-	849
2002															
	Puts 1	27-maj							10-jun						
	Puts 2	24-jun	98	11,5	28,6	4,6	-	196	29-jul	112	11,4	29,1	5,9	-	303
	Puts 3	15-jul	8	2,4	1,8	0,8	-	19	-	-	-	-	-	-	-
	Puts 4	12-aug	36	4,4	13,7	4,6	-	113	-	-	-	-	-	-	-
	Vallbrott	08-okt	28	2,5	8,1	4,8	-	68	08-okt	30	2,8	16,4	7,1	-	158
	Summa		170	20,8	52,2	14,8	-	396	Summa	142	14,2	45,5	13,0	-	461
	(n=3)	SD-p	5	3,7	7,5	1,7	-	36	SD-p	12	0,9	4,7	1,1	-	43
	Medelkonc. (mg/l)			12,2	30,7	8,7	-	233			10,0	32,0	9,2	-	325
2003															
	Puts 1	02-jun							16-jun						
	Puts 2	30-jun	59	3,2	13,6	4,4	31	242	04-aug	107	4,1	16,9	4,2	97	245
	Puts 3	21-jul	53	2,1	7,6	1,2	48	76	-	-	-	-	-	-	-
	Puts 4	18-aug	17	0,7	2,9	1,3	20	19	-	-	-	-	-	-	-
	Vallbrott	13-okt	33	0,4	4,0	2,3	41	42	13-okt	36	1,1	10,6	4,0	85	129
	Summa		162	6,5	28,0	9,1	139	380	Summa	143	5,2	27,6	8,3	183	373
	(n=3)	SD-p	6	0,9	1,4	0,8	11	16	SD-p	4	0,4	2,2	0,7	9	37
	Medelkonc. (mg/l)			4,0	17,3	5,6	-	234			3,6	19,3	5,8	-	262
Medeltal															
	Behandling A							Behandling B							
2001-2003		mm	NH ₄ N	TotN	P	K	TOC	Datum	Mm	NH ₄ N	TotN	P	K	TOC	
	Medel	155	11,9	37,4	11,7	139	473	Medel	122	9,6	37	9,6	183	505	
	SD-y	4	3,3	2,7	0,9	-	35	SD-y	4	0,4	2,2	0,7	-	59	
	% av innehåll i putsat			15	47	87	14				17	34	84	13	
	Medelkonc. (mg/l)		7,7	24,1	7,6	-	305			7,9	30,4	7,9	-	415	

Markens innehåll av mineralkväve

Bilaga 7

Tabell 7:1. Markens innehåll av mineralkväve vid olika tidpunkter.

Behandling	Datum	Mineralkväveinnehåll, kg/ha									Profil-summa
		0-30 cm		30-60 cm		60-90 cm		Skiktsummor			
		NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	
A	2001-05-28	7,8	0,6	2,5	0,3	2,1	0,3	8,4	2,8	2,4	13,6
	2001-07-30	6,1	1,0	1,9	0,3	1,6	0,8	7,1	2,2	2,4	11,7
	2001-08-27	5,7	1,4	1,3	0,2	1,4	0,3	7,1	1,5	1,7	10,3
	2001-11-01	7,8	21,6	1,1	14,9	1,1	5,4	29,4	16,0	6,5	51,9
B	2001-05-28	9,0	1,2	2,2	0,2	1,8	0,2	10,2	2,4	2,0	14,6
	2001-07-30	6,4	1,6	1,8	0,3	1,1	0,3	8,0	2,1	1,4	11,5
	2001-08-27	6,1	2,9	1,1	0,4	1,3	0,4	9,0	1,5	1,7	12,2
	2001-11-01	9,8	25,5	1,5	14,7	1,0	5,1	35,3	16,2	6,1	57,6
A	2002-05-27	6,1	0,3	1,7	0,2	2,2	0,4	6,4	1,9	2,6	10,9
	2002-07-29	6,4	3,1	2	0,6	2,8	0,5	9,5	2,6	3,3	15,4
	2002-10-08	7,5	0,9	2,2	0,2	2,1	0,2	8,4	2,4	2,3	13,1
B	2002-05-27	5,5	0,6	1,8	0,4	2	0,2	6,1	2,2	2,2	10,5
	2002-07-29	6,7	2,1	1,9	0,2	2,4	0,3	8,8	2,1	2,7	13,6
	2002-10-08	7,3	1	2,1	0,2	2,5	0,2	8,3	2,3	2,7	13,3
A	2003-06-02	11,4	1,2	1,6	0,9	1,7	0,6	12,6	2,5	2,3	17,4
	2003-09-26	7,2	1,9	1,9	0,9	1,7	0,4	9,1	2,8	2,1	14,0
	2003-10-13	7,6	0,7	1,5	0,3	1,7	0,4	8,3	1,8	2,1	12,2
B	2003-06-02	8,9	0,5	1,7	0,5	2,0	0,5	9,4	2,2	2,5	14,1
	2003-09-26										
	2003-10-13	8,7	0,8	1,6	0,2	1,4	0,1	9,5	1,8	1,5	12,8

JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik...

... är ett industriforskningsinstitut som forskar, utvecklar och informerar inom områdena jordbruks- och miljöteknik samt arbetsmaskiner. Vårt arbete ger dig bättre beslutsunderlag, stärkt konkurrenskraft och klokare hushållning med naturresurserna.

Vi publicerar regelbundet notiser på vår webbplats om aktuell forskning och utveckling vid JTI. Du får notiserna hemskickade gratis om du anmäler dig på www.jti.slu.se

På webbplatsen finns även publikationer som kan läsas och laddas hem gratis, t.ex.:

JTI-informerar, som kortfattat beskriver ny teknik, nya rön och nya metoder inom jordbruk och miljö (4-5 teman/år).

JTI-rapporter, som är vetenskapliga sammanställningar över olika projekt.

Samtliga publikationer kan beställas i tryckt form. JTI-rapporterna och JTI-informerar kan beställas som lösnummer. Du kan också prenumerera på JTI-informerar.

*För trycksaksbeställningar, prenumerationsärenden m.m.,
kontakta vår publikationstjänst (SLU Service Publikationer):*
tfn 018 - 67 11 00, fax 018 - 67 35 00
e-post: bestallning@jti.slu.se



JTI - Institutet för jordbruks- och miljöteknik

JTI - Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering

Box 7033, 750 07 UPPSALA

Besöksadress: Ultunaallén 4

Webbplats: www.jti.slu.se

Telefon: 018 - 30 33 00

Telefax: 018 - 30 09 56

E-post: office@jti.slu.se