

Utlakning av växtnäring i fältmässig frilandsodling av sallat

Gunnar Torstensson, avd. för vattenvårdslära, SLU, Håkan Sandin, SJV.

BAKGRUND OCH SYFTE

Tidigare undersökningar i södra Sverige har visat att man under intensivodlade grönsaker på friland, successivt under en odlingssäsong riskerar bygga upp stora mängder restkväve i markprofilen som sedan utlakas (Torstensson, 2002). Sallatsodlingen på friland sker ofta på mycket lätta, väl-dränerade jordar som värms upp snabbt på våren.

Våren 2003 anlades ett ca 0,8 ha stort observationsfält på sydslutningen av Bjärehalvön. Dräneringssystemen från området mynnar i ett naturvårdsområde i direkt anslutning till havet (Skälderviken). Syftet med de inledande tre årens observationer var att registrera vad som händer i en intensiv sallatodling avseende näringsläckage via dräneringsvattnet.

För att få en rättvisande bild av verkligheten var målsättningen att inte påverka odlarens skötsel av fältet. I vad mån målet gick att uppfylla är svårt att avgöra, dels var lantbrukaren mycket intresserad av resultaten, dels ställde finansiären krav på att en årlig demonstrationsodling (ofinansierad) med en modifierad variant av fältets skötsel skulle ingå i projektet. Detta krävde att detaljerade uppgifter om den kommande odlingen fick lov att inhämtas från odlaren i förväg. Grönsaksodlingen i området är mycket starkt marknadsstyrd, vilket medförde att de demo-planer som gjordes upp före resp. odlingsår alltid blev mer eller mindre omkullkastade med kort varsel.

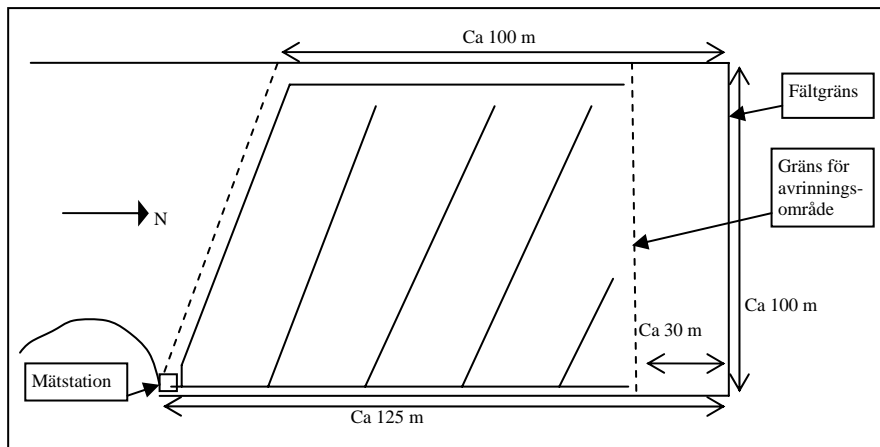
MATERIAL OCH METODER

Observationsfältet där observationsstudierna gjordes tillhör Öllövsgårdens AB och är beläget på Bjärehalvöns sydslutning. Jordarten är moränsand i både matjord och alv (tabell 1). Odlingen domineras av olika sallatsslag och färskpotatis. Sallat odlades på bäddar, ca 1,6 m breda och med ca 2 m c/c-avstånd. Plantavståndet för planterad sallat var ca 30 cm både i och mellan raderna. Babyleaf såddes med ca 12 cm radavstånd. Plantering/sådd och skörd skedde i 2-6 omgångar per kultur. Den första kulturen planterades i mars och täcktes med duk. Kultur 2 såddes i slutet av juni eller första halvan av juli. Startgivan av kväve (80-120 kg N/ha) liksom grundgödsling med P och K myllades jämnt fördelad över hela bäddytan före plantering eller sådd. Ca tre veckor senare togs matjordsprov (0-25 cm) som analyserades med avseende på nitrat-N med hjälp av Nitracheck-mätare. Med ledning av erhållet värde skedde sedan uppgödsling till viss nivå (börvärde, t.ex. 160 kg N/ha bäddyta till isbergssallat). Bara ett fåtal av dessa analysresultat har rapporterats in varför ingen närmare utvärdering av den delen kan göras.

Mätstationen var ansluten till utgående stammen från ett väl avgränsat och dokumenterat dräneringssystem som omfattade ca 0,8 ha (Figur 1). Mätstationen utgjordes av en betongbrunn (150 cm Ø) överbyggd med ett isolerat hus (ca 2,4x2,4 m). Mätningarna startade första dagarna i juni månad 2003. Lokal nederbörd erhöles antingen från en klimatstation belägen något 100-tal meter från fältet, eller då dessa inte fanns tillgängliga, från Mellby i södra Halland (avd. för vattenvårdslära, SLU).

Tabell 1. Jordens mekaniska sammansättning (vikt-%)

Markskikt	Ler (mm) d<0,002	Finmjäla 0,002- 0,006	Grovmjäla 0,006- 0,02	Finmo 0,02- 0,06	Grovmo 0,06- 0,2	Mellansand 0,2- 0,6	Grovsand 0,6- 2	Grus 2,0- 20	Mullhalt (Glödförlust) %
0-30 cm	3,6	1,1	1,8	4,2	5,9	26,2	24,5	30,3	2,4
30-60 cm	2,2	0,6	1,9	3,3	5,5	30,2	30,3	24,5	1,5
60-90 cm	1,3	0,5	1	1,8	3,8	31,6	39,3	19,8	0,8



Figur 1. Skiss över observationsfältet med dräneringssystem och uppskattade gränser för avrinningsområdet.

Utlakning av kväve. Vattenflödet från dräneringssystemet mättes med triangulärt överfall (90°). Vattenståndet över V-spetsen mättes kontinuerligt med hjälp av displacementkropp och lastcell (elektronisk våg) kopplad till en datalogger. Vattenprovtagningen skedde automatiskt genom att ett flödesproportionellt samlingsprov togs ut med hjälp av en peristaltisk pump kopplad till loggern, ett delprov per 0,1 mm avrinning. Provet förvarades under tiden mörkt och svalt i brunnen. Vid provuttagningen (var 14:e dag) omblandades vattnet och delprov uttogs i mindre flaskor för analys vid det Swedac-ackrediterade laboratoriet vid avd. för vattenvårdslära, SLU. Vattenanalysen omfattade nitrat- och totalkväve.

Årsvis utlakning beräknades för perioden 1 juni odlingsåret till 31 maj efterföljande år. Koncentrationen av kväve i varje samlingsprov multiplicerades med alla dygnsavrinningar mellan föregående provtagningstillfälle och det nu aktuella. Dygnstransporterna summerades till månads- och årstransporter. Perodvisa medelkoncentrationer beräknades genom att dividera summa utlakning med summa avrinning under perioden.

Mineralkväve i markprofilen bestämdes vid normalt tre tidpunkter per år; före gödsling på våren, efter skörd av grödkultur 1 samt sen höst (november). Längs en linje diagonalt över observationsområdet togs slumpvis fördelat ca 24 stick i skiktet 0-30 cm, samt 18 stick i vardera av skikten 30-60 och 60-90 cm (Lindén, 1977 och 1979). Borrsticken slogs samman till skiktvisa samlingsprov. Jordproverna förvarades djupfrysta och extraherades med 2M KCl för bestämning av ammonium- och nitratkväve. Analysvärdena omräknades till kilogram kväve per hektar med beaktande av markskiktens volymvikter och aktuella vattenhalter. Av utrymmesskäl redovisas dessa inte här, vi ber att få hänvisa till den tryckta versionen.

Skördeuppskattning och kväveupptag i grödor. Stickprov på avsaluprodukt resp. kvarlämnade skörderester togs av försökspatrull (HS, Halland) inom 2 slumpmässigt valda skördeområden. Varje delmätning omfattade en bäddyta om 10 plantplatser av planterad sallat. Av sådd sallat skördades ett 30 cm brett stråk tvärs över hela bädden. Avsaluprodukten analyseras med avseende på total-N, och skörderesterna på N och C. Provtagningarna får i första hand ses som en kvalitativ provtagning av den skördade produkten. Två stickprov i en odling med 2-6 odlingsomgångar per kultur ger inget underlag för relevant kvantitetsuppskattning. De skördeuppgifter som anges för den ordinarie odlingen är de av lantbrukaren uppgivna hektarskördarna av bortförda avsaluprodukter.

Rapportering av odlingsåtgärder, gödsling etc. Odling och övriga brukningsåtgärder utfördes av odlaren på dennes normala sätt. Det var avtalat att närvaron av observationsförsöket inte skulle få påverka mark-användning och odlingsmetoder. Efter avslutad odlingsäsong rapporterade lantbrukaren utförda odlingsåtgärder, såsom givor av olika gödselmedel (kg per hektar bäddareal) datum eller tidsperiod för plantering/sådd, jordbearbetningar, gödslingar, skörd, samt aktuella skördar (per hektar fältareal) av avsaluprodukt från varje kultur.

Sättet att ange arealunderlaget måste uppmärksammas när bäddodlade grödor diskuteras. Gödselspridaren gick enbart över bäddytan och doseringen baserades på överfaren areal (=bäddareal), medan skördeuppgifter och utlakning baserades på hela den aktuella fältarealen, inkl körspåren mellan bäddarna etc. Vid jämförelser mellan N-gödsling, N-skörd och N-utlakning har därför de uppgivna gödselgivorna omräknats till hektar fältareal genom att multiplicera med faktorn 0,75 (75% av fältarealen beräknades utgöras av bäddareal).

Demonstrationsodling. Då demoodlingen inte fick störa den ordinarie odlingen, fick odlingen lov att förläggas till en fältkil intill mätstationen som oftast inte användes i den vanliga odlingen. De tidigare nämnda svårigheterna att i förväg planera orsakade problem. Två av åren gavs i januari-februari beskedet att det skulle bli färskpotatis som första kultur. Båda åren planterades sallat i mars. En genomtänkt demoodling visade sig omöjlig att genomföra under sådana förhållanden. Ansatser till demoodling gjordes, men det är bara att konstatera att demoodlingen misslyckades de två första åren. Kostnaderna för demoodlingen täcktes genom nerskärning av andra planerade provtagningar och analyser. Det innebar bl.a. att analysomfånget på dräneringsvattnet halverades (mätningen av P- och K-utlakning utgick), antalet skördeprovtagningar halverades samt att PK-analyserna på skördeprodukter och dubbelproven i matjorden för mineralkvävebestämning slopades.

Det sista året (2005) anordnades en demoodling som var helt frikopplad från den ordinarie odlingen med tre led i isbergssallat, och där försökspatrull hyrdes in för såväl plantering, gödsling, provtagning och skörd. Denna odlingen bekostades delvis med andra medel.

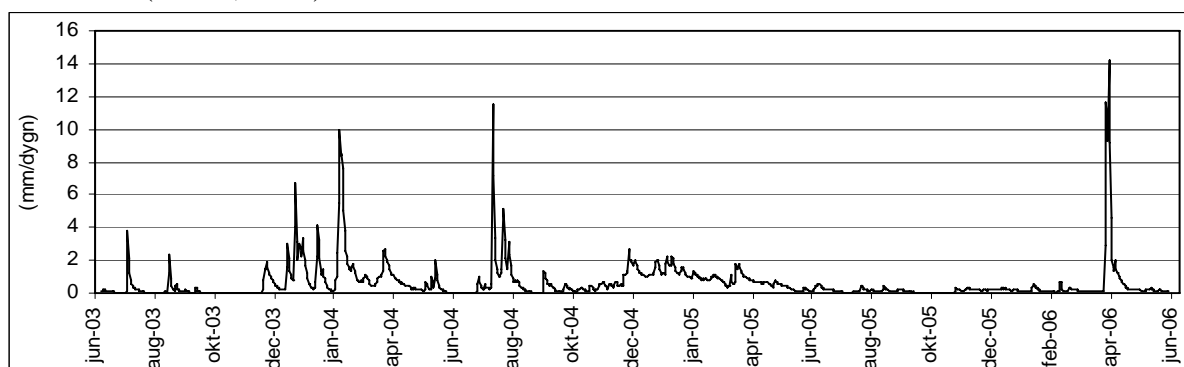
RESULTAT OCH DISKUSSION

Odlingsåtgärder och gödsling

I tabell 2 redovisas inrapporterade odlingsåtgärder och gödselgivor baserade på bäddareal. På grund av att fältet delades upp i olika planterings och odlingsomgångar kan de flesta tidpunkter bara anges i form av en tidsperiod under vilken den eller de aktuella åtgärderna utfördes. Startgivan till den planterade vårkulturen av sallat uppgick i medeltal till ca 95 kg N per hektar bäddareal (ca 71 kg N per hektar fältareal), och ungefär lika mycket tillfördes som tilläggsgödsling efter jordprovtagningen vid ca 3 veckor efter plantering. Startgivan till den senare kulturen med sådd ruccola/babyleaf varierade mellan 66 och 126 kg N per hektar bäddareal medan tilläggsgödslingen vid normal skördefrekvens uppgick till knappt 80 kg N/ha. I medeltal för de tre åren uppgick den totala kvävetillförseln till ca 350 kg/ha bäddareal och år, eller utslaget på hela fältarealen, till drygt 260 kg/ha och år (Tabell 3).

Nederbörd och avrinning

Den årsvis summerade nederbörden var jämförelsevis låg under odlings- och utlaknings-säsongerna 2003/04 och 2005/06, medan den var tämligen hög året 2004/05 (Tabell 3). Som jämförelse kan nämnas att normalnederbörden (1961-1990) vid Hov är 753 mm per kalenderår (SMHI, 2001).



Figur 2. Uppmått dygnsavrinning under perioden juni 2003 till maj 2005.

Avrinningen från dräneringssystemet var högst utlakningssäsongen 2004/05, 286 mm och lägst det sista året, 2005/06, 144 mm (Tabell 3). Det finns inget direkt samband mellan årlig nederbörd och avrinning. Nederbördens fördelning över året, eller om den fallit som regn eller snö, har oftast en avgörande betydelse för avrinnings-responsen ett enskilt år. Även bevattning kan ha en påtaglig betydelse för avrinningens storlek och fördelning.

De två första åren pågick tämligen kraftig avrinning hela vintern. Vintern 2004/05 var avrinningen låg och jämn, men med en markerad vårflood i mars-april. I juli 2004 uppmättes den högsta månadsnederbörden, 189 mm, vilket resulterade i kraftig avrinning under ett antal dygn (Figur 2). Avrinningen under juli månad uppgick till ca 63 mm, vilket motsvarade drygt 20 % av det årets avrinning.

Produktskördar och kväveutlakning

De uppgivna skördarna av avsaluprodukter av planterad sallat uppgick till mellan 20 och drygt 25 ton färskvara per hektar fältareal. Den tillvaratagna skörden av babyleaf angavs till mellan 10 och 14 ton/ha vid normal skördefrekvens (Tabell 3).

Tabell 2. Odlingsåtgärder, typ av gröda och uppgiven gödsling på det ordinarie fältet vid Öllöv under åren 2003 till 2005. Gödsling och plantering föregicks alltid av plöjning och bäddläggning, före gödsling 2 i planterad sallat ogräshackades bäddarna. Gödselgivorna är angivna per hektar bäddareal

Period		Åtgärd	Gröda	Gödsling, tillfört kg/ha			
Start	Slut			Slag	N	P	K
2003-03-15	– 2003-04-01	Gödsling	Isbergssallat	NPK 11-5-18	88	40	144
		Plantering					
2003-04-20	– 2003-05-01	Gödsling, N-min		N27	81		
2003-05-15	– 2003-06-01	Skörd					
2003-06-01	– 2003-07-01	Gödsling		NPK 11-5-18	66	30	108
		Gödsling		Kalk-kväve	60		
2003-07-01	– 2003-07-15	Sådd	Ruccola*				
2003-07-15	– 2003-07-31	Gödsling, N-min		Ksp	35		
2003-08-01	– 2003-09-30	Skörd					
2004-03-10	– 2004-03-26	Gödsling	Sallat, mix	NPK 11-5-18	88	40	144
		Plantering					
2004-04-16	– 2004-04-20	Gödsling, N-min		N27	108		
2004-05-15	– 2004-06-01	Skörd					
2004-06-01		Plöjning					
2004-06-07	– 2004-06-18	Gödsling	Babyleaf, mix	NPK 11-5-18	88	40	144
		Sådd					
2004-06-22	– 2004-07-05	Gödsling, N-min		Ksp	78		
2004-07-15	– 2004-08-28	Skörd					
2004-09-05		Tallriksharv	Havre				
		Sådd fånggröda					
2005-03-23	– 2005-03-24	Gödsling	Sallat, mix	NPK 11-5-18	110	50	180
		Plantering					
2005-04-20	– 2005-04-21	Gödsling, N-min		N27	108		
2005-05-15	– 2005-05-31	Skörd					
2005-06-14	– 2005-07-06	Gödsling	Babyleaf, mix	NPK 11-5-18	66	30	108
		Sådd					
2005-07-01	– 2005-07-20	Gödsling, N-min		Ksp	78		
2005-07-15	– 2005-08-28	Skörd					
2005-09-15		Tallriksharv	Havre				
		Sådd fånggröda					

*) Provodling, skördades endast en gång

De beräknade kväveskördarna är baserade på analysresultaten från de två stickprov för ts- och kemisk analys som togs ut i vardera kulturen. Kväveskörden, liksom kväveutnyttjandegraden, i första årets isbergssallat är påtagligt lägre än i de senare årens planterade sallat. Åren 2004 och 2005 odlades dock i huvudsak en blandning av andra sallatstyper vilken kan vara en förklaring. Som medeltal för perioden uppgick den beräknade kväveskörden till ca 58 kg/ha fältareal från den planterade vårkulturen, och till 33 kg/ha i den senare babyleaf-kulturen. Räknat på medelårsbasis uppgick kväveskörden till drygt 90 kg/ha fältareal per år, vilket ger ett kväveutnyttjande på ca 34% (Tabell 3).

Tabell 3. Uppgivna skördar i ord. odling och beräknade ts- och kväveskördar. Kulturvis kvävegödning, kväveutnyttjande, årsnederbörd, uppgiven bevattning samt uppmätt årsvis avrinning, kväve-utlakning per hektar fältareal och medelkoncentration av total-kväve. Ts- och kväveskördarna är baserade på de kvalitativa provtagningar som gjordes. Fånggrödan provtogs i november, ej bortförd

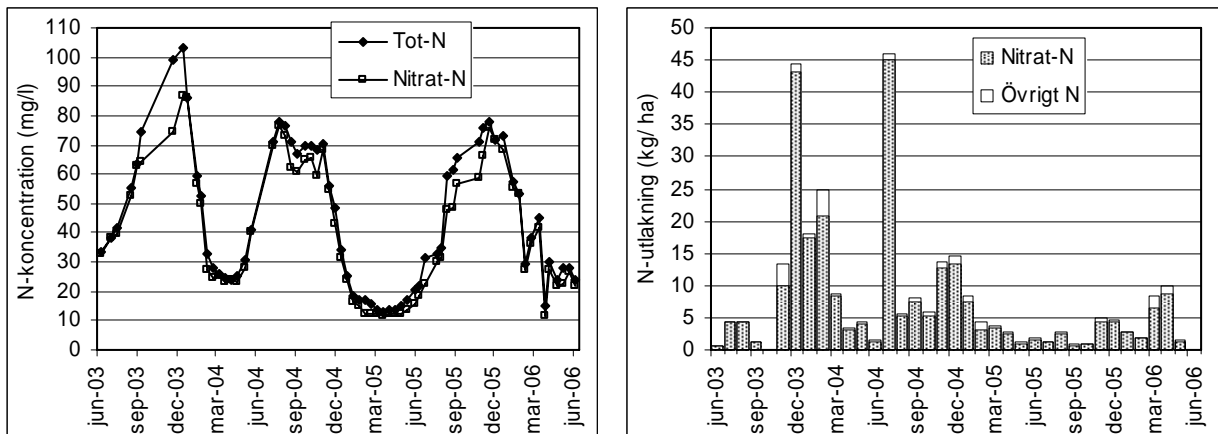
Gröda	Uppgiven skörd (obs, fältyta)			Kväve- gödning kg/ha	Kväve- utnytt- jande	Årsvis **				Medel- konc. mg N/l
	Färskvikt ton/ha	Ts-skörd kg/ha	N-skörd kg/ha			Nederb. mm	Bev. mm	Avr. mm	Utlakn. kg N/ha	
2003										
Isberg	20	960	28	128	22%					
Ruccola*	5	250	15	120	13%					
Summa, huvudgröda	25	1210	43	248	17%	629	112	253	128	50
2004										
Sallat, blandat	26,5	1590	73	147	50%					
Babyleaf	14	840	50	124	40%					
Summa, huvudgröda	40,5	2430	123	271	45%	791	45	286	115	40
<i>Fånggröda, havre</i>		1225	53							
2005										
Sallat, blandat	22	1320	75	164	46%					
Babyleaf	10	600	35	108	32%					
Summa, huvudgröda	32	1920	110	272	40%	609	30	144	42	29
<i>Fånggröda, havre</i>		508	24							
Medeltal										
Kultur 1	23	1290	59	146	40%					
Kultur 2	10	563	33	117	28%					
Summa / medeltal	33	1853	92	264	34%	676	62	228	95	42

*) Provodling som bara skördades en gång.

***) Perioden 1 juni odlingsåret till 31 maj efterföljande år.

Totalkväveutlakningen liksom dräneringsvattnets medelkoncentration av totalkväve var högst det första året, 128 kg N/ha fältareal resp. 50 mg N/liter. Den bara en gång skördade provodlingen av ruccola kan ha medverkat till detta, men en annan faktor av betydelse är att ingen fånggröda odlades det året. De efterföljande åren såddes havre som fånggröda efter att skörden av babyleaf avslutats. År 2004 såddes fånggrödan redan den 1 september (Tabell 2) och utvecklades kraftigt, vid provtagningen på senhösten uppmättes drygt 50 kg N/ha i fånggrödans ovanjordiska delar. Den senare sådden det sista året (15/9) kan ha bidraget till det lägre upptaget detta år (24 kg/ha).

Det sista årets låga utlakning är till stor del en effekt av den låga avrinningen (Tabell 3). Den låga integrerade medelkoncentrationen är en effekt av att kvävehalten under den korta och intensiva avrinningsperioden i månadsskiftet mars-april 2006 var låg, knappt 15 mg/l, (Figur 4a, mitt för "apr-06"). En möjlig förklaring till det är att marken delvis varit frusen när avrinningen startade vilket gjorde att vattnet inte rann igenom på bred front utan följde mera begränsade flödesbanor, och därigenom inte tvättade ur profilen så effektivt som annars. (Vid Mellby, uppmättes ihållande minusgrader (-2 – -10°) under de tre första veckorna av mars).



Figur 4. a) Uppmätta koncentrationer av nitrat- och totalkväve i dräneringsvattnet, och b) månadsvis utlakning av kväve. Övrigt kväve utgörs av skillnaden mellan total- och nitratkväve.

Kväveutlakning till följd av den stora avrinningen under juli månad 2004 uppgick till 46 kg N/ha, vilket motsvarade ca 40 % av årets hela utlakning. Medelkoncentration under den månaden uppgick till 74 mg/liter (se figur 4), vilket tyder på att tillgången på utlakningsbart kväve var mycket stor.

En stor uttransport av växtnäring vid denna årstid kan innebära en avsevärd kväveförlust från odlingen, men kan också ge stor påverkan på det mottagande vattensystemet, i detta fall Skälderviken, i form av algbloomning etc. Ur odlingens synpunkt var säkerligen förlusten av kväve från rotzonen större än de 46 kg/ha som rann ut via dräneringen genom att kväve lakades ner djupare än grödans rötter nådde.

Denna typ av episoder med hög avrinning under odlingsäsongen är som väl är inte så frekvent förekommande. Men risken att det kan inträffa borde ändå motivera gödslingsstrategier som i så hög grad som möjligt minskar risken för stora lagningsförluster från rotzonen. T.ex. delade givor så att onödigt höga kvävemängder i marken undviks vid tidpunkter då de inte behövs, eller där de inte kan nås av rötterna. Just den här episoden inträffade i huvudsak under perioden mellan tilläggs gödning och skörd av kultur 2 (sådd babyleaf, se tabell 2) så den hade varit svår att helt undvika.

Kvävekoncentrationer i dräneringsvattnet

Koncentrationer av nitrat- och total-kväve presenteras i figur 4a. De vägda medelhalterna uppgick till 38 resp. 42 mg N/liter. Provtidpunkterna i diagrammet har satts till den tidpunkt då hälften av den vattenvolym som provet representerar hade passerat. Vid de flesta tillfällen utgjorde nitratkvävet närmare 100% av totalkvävet, men speciellt under höstperioderna ökade andelen övrigt kväve (skillnaden mellan total- och nitratkväve). Dessa perioder sammanfaller med de perioder då man kan förvänta sig intensiv nedbrytning av skörderester och frigörelse (mineralisering) av kväve från dessa. I första steget av mineraliseringen bildas ammonium vilket efterhand ombildas till nitrat. Ammonium kan på lätta jordar relativt lätt följa med vattenströmmen genom jorden. Det är därför rimligt att anta att en stor del av det övriga kvävet utgjordes av ammoniumkväve (analyserades inte).

Nitratkvävekoncentrationer ur grundvattenperspektiv

På de flesta lokaler avlämnas inte allt överskottsvatten genom dräneringssystemet utan en större eller mindre andel fortsätter nedåt och bildar grundvatten. Dräneringsvattnets koncentration av nitratkväve kan därför också vara ett mått på det nybildade, ytliga grundvattnets koncentration. Nuvarande gränsvärde för nitrat (NO_3) i dricksvatten, liksom EU:s gränsvärde för ytligt grundvatten (EU: s ramdirektiv), ligger på 50 mg/l, vilket omräknat till nitrat-kväve

(NO₃-N) motsvarar en koncentration på 11,3 mg/l (jmf figur 5). Troligen kommer man få beräkna ett medelvärde för t.ex. en 6-årsperiod (växtföljdsmedeltal).

Om detta koncentrationsvillkor måste uppfyllas skulle det som exempel betyda att om man ett år av sex har en medelkoncentration på 40 mg/l av nitratkväve, får medeltalet för de återstående fem åren inte överskrida 5,5 mg/l. Det borde gå att nå med en 5-årig gräsvall, men t.ex. sallatsodlingen skulle minska till en sjättedel. Det förefaller med dagens erfarenhet svårt att med oförändrad odlingsinriktning, men med förbättrade gödslingsstrategier, fånggröda mm, kunna komma ner i en medelkoncentration på 11,3 mg/l, men kunde man komma ner till 20 - 25 mg/l de år man odlar t.ex. sallat skulle en del vara vunnet.

Resultat av demonstrationsodlingen 2005

Odlingen skedde på en ca 30 m lång bädd som iordningställdes med gårdens bäddläggare. Badden indelades i tre parceller om ca 10 m vardera. Behandlingarna presenteras nedan, startgivor och börvärden framgår också av tabell 4 och 5. Planteringen utfördes med gårdens planteringsmaskin, medan alla gödselgivor lades ut för hand av försökspatrullen. Alla uppgivna gödselgivor avser bäddareal. Skiktvis kväveprofiler togs före plantering på våren (generalprov över hela bäddytan), ledvisa prov efter skörd 1 resp. skörd 2 och sen höst. Vid 3 veckor efter plantering togs matjordsprov för analys av nitratkväve med Nitracheck-mätaren för att bestämma tilläggsgödslingen upp till det avsedda börvärdet. Jordresterna från dessa provtagningar frystes inom 1-2 timmar för senare analys med samma metod som för andra jordprover (NO₃-N + NH₄-N). Utvecklingen (skörden) av bedömt säljbara huvuden mättes genom att 3 prov á 10 huvuden från varje led vägdes och provtogs för ts- och kväveanalys. Även skörderesterna vägdes och provtogs för analys av ts, N och C.

I led A var målet att följa gårdens gödslingsmodell som den bedrivits under de tidigare åren med tämligen höga startgivor jämnt fördelade över bäddytan och gårdens uppgivna börvärden vid 3 veckor efter plantering.

Led B är ur de flesta synpunkter likt led A men med en lägre startgiva (jämnt fördelad) och något reducerade börvärden vid 3 veckor. Vi räknade med få lägga en större andel gödselgivan vid 3 veckor, jämfört med led A, och att mindre kväve skulle tvättas ner under rotdjup.

Led C är delvis baserat på de tidigare studierna vid Mellby (Torstensson, 2002) där vi observerade att en liten, placerad startgiva gav mycket god effekt på grödan. Mängden startgödsel till varje planta spreds inom en radie på 7-8 cm runt varje planta. Börvärdena vid 3 veckor efter plantering sattes lågt, men var baserade på tidigare uppmätta kväveupptag i isbergssallat. N-min -proverna togs här utanför det gödslade området omkring plantan. Vår hypotes var att plantorna skulle utvecklas väl i starten men, p.g.a. låga börvärden, kanske inte nå samma slutvikter som i de andra leden.

Tabell 4. Medelprovvikter(10 plantor) av 3 prov per led och beräknat ts- och N-innehåll per hektar fältareal i demonstrationsförsöket med isbergssallat 2005. (10 plantor motsvarar en fältareal av 1,12 m²)

Led	Skördeprodukt (huvuden)				Skörderester (ovanjordiska)					Totalt N-innehåll kg/ha
	Färskvikt, kg/10st		Ts-vikt ton/ha	N-skörd kg/ha	Färskvikt, kg/10st		Ts-vikt ton/ha	N-innehåll kg/ha	C/N-kvot	
	Medel	SD			Medel	SD				
<i>Kultur 1</i>										
A 90/160	4,79	0,69	1,97	62	1,90	0,09	1,22	45	9	107
B 40/130	5,08	0,31	1,77	60	1,53	0,23	0,93	29	11	89
C 30*/90	5,51	0,28	2,12	72	1,57	0,39	1,07	28	11	99
<i>Kultur 2</i>										
A 60/140	3,58	0,31	1,12	46	1,11	0,31	0,99	19	9	65
B 40/115	4,82	0,76	2,06	58	1,21	0,04	1,19	16	11	74
C 30*/80	4,89	0,11	2,01	57	1,09	0,06	1,32	17	12	73

* Punktgödsling inom 7-8 cm radie omkring varje planta..

Tabell 5. Resultat av jordanalysen med Nitrateck före tilläggs gödsling, tillfört gödselkväve per hektar bäddareal, samt jämförelse med analysresultaten från den vanliga analysmetoden (kg/ha)

Led	Startgiva	Börvärde	Nitrateck	N-min gödsling	Vanlig lab-analys		Summa
			NO ₃ -N-värde		NO ₃ -N	NH ₄ -N	
<i>Kultur 1</i>							
A	90	160	49	111	68	83	151
B	40	130	36	94	27	16	43
C	30	90	10	80	19	11	30
<i>Kultur 2</i>							
A	60	140	211	0	121	4	125
B	40	115	113	0	95	4	99
C	30	80	68	0	50	4	54

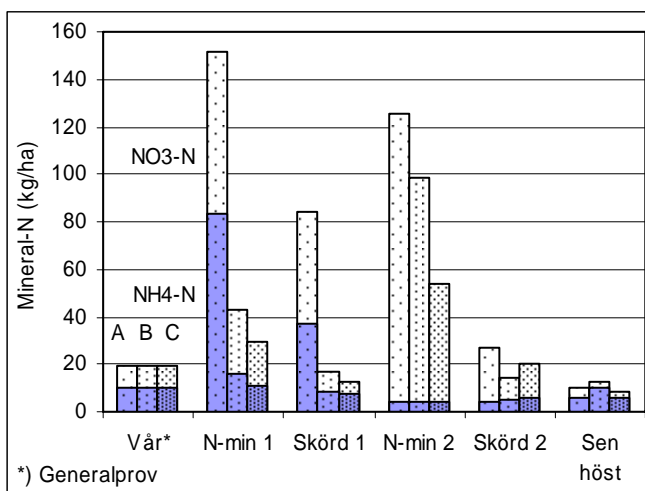
Skördemetoden liksom bristen på upprepningar tillåter inte några långtgående slutsatser, men några observationer är värda att kommentera.

Skörd. Resultaten från skördmätningen ger ingen indikation om att de skördade huvudena var sämre utvecklade i led B och C jämfört med led A. Standardavvikelsen (SD) avser spridningen mellan de tre proven i resp. led. Någon sakkunnig bedömning av huvudkvalitet är dock inte gjord. Högsta medelvikten i båda kulturerna återfanns i led C (Tabell 4).

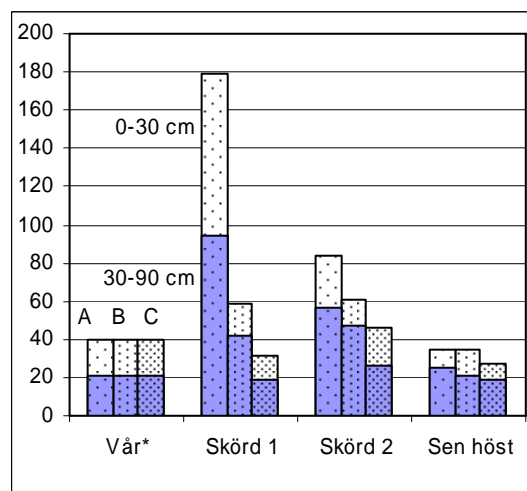
Gödsling och N-min –analyser. NPK 11-5-18 användes vid alla gödslingar. Tillförda kvävegivor och uppmätta nitratkvävemängder i matjorden redovisas i tabell 5. Tilläggs gödsling vid 3 veckor gjordes endast i kultur 1. De kvävemängder som formellt skulle tillförts led B och C i kultur 2 var så små (2 resp. 12 kg/ha) att de uteslöts.

Mineralkväve i rotzonen. Resultaten från den ordinarie lab-analysen visas i figur 5. Andelen ammoniumkväve, sannolikt från startgödseln, i led A utgör vid N-min 1 ungefär hälften av kväveinnehållet i matjorden. Nitrateckmetoden mäter enbart nitratkvävet varför man missar eventuella större mängder ammoniumkväve, vilket kan leda till onödigt kraftig tilläggs gödsling. Om den extra mängden ammoniumkväve i led A varit känd hade tilläggs givan kunnat sänkas med ca 70 kg N/ha (jmf tabell 5), vilket troligen hade reducerat restkväve-mängden vid skörd 1.

Mineralkväve i markprofilen. Fördelning mellan matjord och alv redovisas i figur 6. Det man främst ser är att det kan finnas ett samband mellan höga och bredspridna startgivor, och större mängder restkväve under grödans rotdjup vid skörd.



Figur 5. Nitrat- och ammoniumkväve i matjordsskiktet (0-30 cm) baserat på de ordinarie jordanalyserna. N-min -proverna togs ca 3 v. efter plantering.



Figur 6. Mineralkväve i markprofilen i demoförsöket med fördelning mellan matjord (0-30 cm) och alv (30-90 cm).

Framtida studier, några tankar om förbättringsmöjligheter

Gödsling och gödslingsteknik

Det borde gå att förbättra kväveeffektiviteten. Regelrätta gödslingsförsök inriktade både på kvävebehovets storlek och att utveckla bättre gödslings-strategier under svenska förhållanden känns nödvändiga att få till stånd. Målet måste vara att få fram rekommendationer som ger en ur ekonomisk synpunkt tillräckligt god skörd med rätt kvalitet i olika typer kulturer, men som också tar rimlig hänsyn till odlingens miljöpåverkan.

Metoden med en, i förhållande till den unga plantan, strategiskt placerad startgiva med ett NPK-gödselmedel (variant av s.k. ”starter fertilizer”) känns värd att testa och utveckla vidare med framtagning av relevanta börvärden etc, anpassade efter tekniken med placerad startgiva. Genom att placera gödsel nära plantan säkerställs den nysatta plantans tillgång till både fosfor och kväve. Dessutom undviker man att gödsla markytor som ännu inte innehåller några växtrötter som kan ta upp näring och vatten. Därigenom minimerar man risken att gödsel-kväve som befinner sig vid sidan om den aktuella rotzonen lakas ner till skikt under grödans kommande rotdjup (se figur 6). Nerlakningen vid sidan om rotzonen förstärks av att det där inte heller sker något vattenupptag som minskar den neråtgående vattenströmmen vid nederbörd och bevattning.

En vanlig radgödsling längs den kommande plantraden kan sannolikt åstadkommas med redan befintliga maskiner. Vid radavståndet 30 cm minskar man den gödslade markytan, till ca en tredjedel. Man når på det sättet minst samma ”gödselkoncentration” i radens närhet som vid bredgödsling med en tredjedel av gödselgivan. I kulturer som sås med normalt radavstånd (ca 12 cm) kan samma teknik som för radmyllning i stråså användas, med en gödselsträng mellan varannan sårad. Den gödslade ytan minskar då till ungefär hälften.

En mera ”punktformig” gödsling (som led C ovan), i planterade kulturer kräver att gödslingen sker synkroniserat med planteringen, vilket kanske kräver viss maskinutveckling. Gödseln kan t.ex. läggas som en 15 cm lång gödselsträng längs raden, med plantan placerad vid strängens mittpunkt. Med 30 cm plantavstånd skulle den gödslade andelen av markytan halveras jämfört med radgödslingen ovan (till ca 1/6-del av hela ytan). För att nå motsvarande gödselkoncentration per ytenhet som vid bredspridning, t.ex. 100 kg N/ha, skulle det behövas ca 1,5 g av NPK 11-5-18 per planta. Idéer till teknisk lösning på detta borde gå att hitta i t.ex. de cellhjulutmatningar som nu används för sådd av t.ex. majs och sockerbetor.

Behovsanpassad gödsling

Vid de kvävemängder som behövs i t.ex. sallatsodling är delad giva nödvändig. Någon form av ”börvärdesmetod” för att ta reda på hur mycket kväve som behöver tillföras vid tilläggs-gödslingen måste ses som en självklarhet för att kunna uppnå målet om rimlig miljöhänsyn.

Att mäta kvävetillgången i marken med jordprovtagning måste anses säga lite mer om läget inför framtiden än t.ex. bladanalys. Den senare speglar mera hur tillgången/upptaget av t.ex. kväve varit under de senaste dagarna. För att det ska fungera i praktiken torde en tillförlitlig metod för att utföra jordanalysen ”på gården” vara nödvändigt i de flesta fall. Oftast har man inte tidsmarginal nog för att kanske behöva anpassa jordprovtagningstillfället efter veckodag (postgång etc.) och sedan vänta 1-2 dygn på analysresultatet.

Kväveanalys på jordprov. En jordanalys går korthet till så att man, efter att man noga blandat provet, mäter eller väger upp en känd mängd jord som skakas med en känd mängd destillerat vatten, eller saltlösning om även ammonium ska analyseras. Efter filtrering, eller liknande, analyserar man kvävekoncentrationen i vattenlösningen (extraktet). Man måste också bestämma vattenhalten i det ursprungliga provet. Mängden kväve som fanns i extraktionsprovet beräknas genom att multiplicera analysvärdet (mg/liter) från extraktet med mängden extraktionslösning (liter). Beroende på analysmetod kan man också få lov att räkna om nitrathalt till nitratkvävehalt. Då mängden kväve som fanns i extraktionsprovet är känd kan

man beräkna kväveinnehållet per viktsenhet torr jord, (t.ex. kg N/ton torr jord), och vidare till kg N/ha med hjälp av markskiktets tjocklek och torra bulkdensitet.

Resultat från olika analysmetoder. Skillnaderna i nitratkvävemängd i matjorden ser vid några tillfällen ut att vara väl stora (se tabell 5) när man jämför resultaten från den vanliga laboratoriemetoden vid SLU och den ”gårdsmetod” som användes här, där en s.k. Nitrateck användes för att mäta nitratkoncentrationen i extraktet. Vad orsaken till detta kan vara borde utredas lite närmare. Det behöver dock inte indikera att gårdsmetoden är mindre användbar för det avsedda ändamålet. Antalet jämförelseprov är mycket litet, och det finns ingen analysmetod som kan ge det *verkligt sanna värdet*. (Ett analys svar säger bara att det ”sanna” värdet med viss sannolikhet ligger inom ett för metoden givet intervall omkring det angivna värdet).

När det gäller jordanalyser finns det dock några faktorer som, oavsett metod, kan spela en betydande roll för slutresultatet. T.ex. kan det ha mycket stor betydelse hur väl jordprovet har blandats före uttagningen av extraktionsprovet, hur man tagit hänsyn till provets aktuella vattenhalt och jordskiktens bulkdensitet/volym vid omräkningen från ”mg/l” i extraktet till ”kg/ha”, och hur denna omräkning i övrigt har utförts. Rätt genomförda nitratkväveanalyser borde inte behöva skilja mer än kanske $\pm 10-15$ kg/ha.

Ammoniumkväve. Problemet med att det vid vissa tillfällen kan finnas extra stora mängder ammoniumkväve, som nitratanalysen med t.ex. Nitrateck missar, får inte negligeras. Det finns dock möjlighet att komma runt problemet utan att behöva ytterligare en ”analysapparat”. Men för att göra det kan det krävas en ändrad gödslingsmodell, och eventuellt tillgång till gödselmedel med annan sammansättning.

- Om metoden att placera en låg startgivan enbart invid plantan/plantraden används, kan NPK-gödselmedel med innehåll av ammonium-N fortfarande användas om N-min-jordproven sedan tas mellan de gödslade områdena. Även tilläggsivan kan behöva utgöras av NPK-gödsel för att tillgången på bl.a. P och K ska bli tillräcklig.
- Grundgödslingen med P och K (och nödvändiga mikronäringsämnen) utförs med ett separat PK-gödselmedel, och man använder ett rent nitratgödselmedel till startgivan.

Förslagen går ut på att minimera risken att jordprovet ”kontamineras” i onödan med extra ammoniumkväve. De bygger på antagandet att det extra ammoniumkvävet, vid de aktuella provtagningstillfällena, sannolikt härstammar från nyligen (<1 månad) spriden gödsel.

RESULTATSPRIDNING

De viktigaste kanalerna att direkt nå ut till odlare och rådgivare har varit fältvisningar och en rad kurser på olika nivåer, inte minst i samband med introduktionen av Greppa Näringen's ”Potatis och Grönsaksmodul”. Resultat härifrån har också ingått i en presentation vid ett av NJF's seminarier. I juni 2005 skrevs en artikel om studien och då erhållna resultat i Nordvästra Skånes Tidningar, och hela periodens resultat redovisades på Nätverksträffen med ”Tillväxtprogram för potatis, frukt, bär och grönsaker” i september 2006. En mer utförlig rapport kommer att publiceras i Ekohydrologi nr 96, avd. för vattenvårdslära, SLU.

REFERENSER

Torstensson, G. 2002. Kväveutlakning i frilandsodling av sallat på sandig mojord med reducerade börvårdensnivåer. Ekohydrologi Nr 62, Avd. för vattenvårdslära, SLU, Box 7072, 750 07 Uppsala.

Lindén, B. 1977. Utrustning för jordprovtagning i åkermark. Rapport 112. Avdelningen för växtnärlära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Lindén, B. 1979. Alvprovtagning med ”Ultuna-borren”- för markkartering och framtida N-prognoser. Rapport 120. Avdelningen för växtnärlära, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.