



Humanurin som kvävegödselmedel tillfört i växande gröda vid ekologisk odling av höstvetete och havre

Human urine as a nitrogen fertilizer applied during crop growth to winter wheat and oats in organic farming

Börje Lindén

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara
Department of Agricultural Research Skara

Serie B Mark och växter
Series B Crops and soils
Rapport 1
Report 1
Skara 1997
ISSN 1402-9561
ISBN 91-576-5376-3

FÖRORD

I föreliggande rapport redovisas fältförsök med studier av kvävegödslingseffekterna av humanurin. Försöken utfördes 1996 av hushållningssällskapen i Stockholms/Uppsala, Östergötlands, Hallands, Göteborgs och Bohus samt Örebro län. Statens Jordbruksverk beviljade medel för genomförandet av projektet, inkl. sammanställning och publicering av resultaten.

Statistisk bearbetning av skörderesultaten utfördes av agr. dr. Käll Carlgren och datatekniker Laima Rosén, Avdelningen för växtnäringsslära, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala. Analyser av mark och gröda ägde också rum vid denna avdelning. Agronom Gunnar Karltorp vid Statens Jordbruksverk har bidragit med råd i samband med planläggningen av undersökningen och sammanställningen av resultaten.

Alla medverkande tackas för gott samarbete. Det är författarens förhoppning, att resultaten av denna undersökning skall bidra till tillvaratagandet av humanurin som en resurs för jordbruket och som ett led i strävan mot mer slutna växtnäringsskretslopp i samhället samt därmed mindre miljöbelastning.

Ytterligare försök med studier av humanurin som gödselmedel i ekologiskt jordbruk påbörjades 1997 av Institutionen för jordbruksvetenskap Skara.

Skara i september 1997

Författaren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	7
MATERIAL OCH METODER	8
RESULTAT OCH DISKUSSION	11
Humanurinens kväveinnehåll	11
Humanurinens inverkan på kärnskördarna	12
Humanurinens inverkan på råproteinhalten i kärnskördarna	15
Urinkvävet utnyttjandegrad	15
Kväveutlakningsrisker	18
SLUTSATSER	20
SUMMARY	22
LITTERATUR	23
PERSONLIGA MEDDELANDEN	25

SAMMANFATTNING

Humanurin som kvävegödselmedel tillfört i växande gröda vid ekologisk odling av höstvetete och havre

- I fyra försök med höstvetete och fem med havre, alla genomförda 1996 på ekologiskt odlade gårdar i Syd- och Mellansverige, studerades inverkan av humanurin på kärnskördar, råproteinhalter i kärnan, N-utnyttjande och N-utlakningsrisker. Urinen tillfördes i växande gröda, i stadium DC 30-31 i höstvetetet och stadium DC 24 i havren, med en teknik som efterliknade släpplångspridning med placering av urinen i vartannat såradsmellanrum. Förfrukterna utgjordes av vall m.fl. N-rika grödor, som förbättrade tillgången på utnyttjbart markkväve.
- Humanurinen innehöll i medeltal 2,7 kg total-N, 2,0 kg NH₄-N, ca 0,3 kg P och 0,8 kg K per ton, vilket kan anses motsvara ett NPK-gödselmedel med sammansättningen 18:2:5. Totalkväveinnehållet varierade från som lägst 0,9 till som högst 3,7 kg per ton.
- Urinen hade större skördestegrade verkan i höstvetete än i havre, uppenbarligen beroende på högre avkastningspotential hos höstvetetegrödorna. Jämförelser med andra försöksserier, med konventionell odling och andra gödslingsätt och -tidpunkter, tyder på att totalkvävet i humanurinen hade 60-80 % skördestegrade förmåga i höstvetete och 50-60 % i havre i jämförelse med handelsgödsel-N.
- Urinkvävet utnyttjandegrad beräknades som andelen urinkväve upptaget i hela grödan i relation till den mängd total-N som tillförts med urinen. Utnyttjandegraden uppgick för höstvetetet till i medeltal 75 % efter tillförsel av 30 kg N/ha med urinen men sjönk vid ökande N-tillförsel till 57 % vid en giva om 120 kg N/ha. För havren avtog på motsvarande vis kväveutnyttjandet från 56 till 50 %. För handelsgödselkväve erhöles i andra studier bättre utnyttjandegrad.
- Den sämre effekten av urinkvävet än handelsgödselkväve kan dock delvis vara skenbar. En orsak kan vara gödsling i senare utvecklingsstadier än i de jämförda försöken med handelsgödsel-N. Andra spridningstidpunkter och omedelbar myllning av urinen efter tillförseln skulle kunna förbättra gödslingseffekten. Vidare torde den goda tillgången på utnyttjbart förfrukts- och markkväve ha bidragit till mindre skördestegrade verkan och till lägre utnyttjandegrad för kvävet i humanurinen än för handelsgödselkvävet i de jämförda försöken. Viss ammoniumfixering i lermineral och ammoniakavdunstning kan inte uteslutas.
- Uringödslingens inverkan på mängderna mineralkväve (ammonium- och nitrat-N) i marken (0-90 cm djup) undersöktes dels vid avslutad kväveupptagning på sensommaren och dels på senhösten för att belysa gödslingens inverkan på kväveutlakningsrisken. I genomsnitt ökade mängderna sådant utlakningsbart kväve mycket lite med stigande urinkvävemängder upp till nivåer motsvarande "normala" N-givor (90 och 120 kg N/ha). Där grödans gödselkvävebehov var stort, blev de outnyttjade mineralkväveresterna små även efter stora N-givor. Endast vid överoptimal tillgång på kväve i marken syntes gödsling med humanurin ge upphov till ökade mängder utlakningsbart kväve i marken. Detta liknar förhållandena efter gödsling med handelsgödselkväve. Mullrik jord i kombination med begränsad avkastningsförmåga hos grödan medförde minskat gödselkvävebehov, med påtagligt ökad N-utlakningsrisk även efter måttlig uringödsling.

- För fastställande av kväveinnehållet i djururin i samband med gödsling anbefalls bestämning av ammoniumkvävehalten. I den humanurin som tillfördes i fyra av försöken syntes emellertid urinkvävet ofullständigt ha omvandlats till $\text{NH}_4\text{-N}$ fram till spridningen. Det tycks därför vara bäst i gödslings-sammanhang att utgå från humanurinens innehåll av totalkväve vid bestämning av spridningsmängderna.

INLEDNING

I det ekologiska jordbruket råder sedan några år underskott på spannmål (Jordbruksverket, 1996). Den ekologiskt odlade brödspannmålen har en teknisk kvalitet med låga proteinhalter som behöver förbättras. Större tillgång på kväve i ekologisk odling skulle bidra till förbättringar i dessa avseenden, utöver den kväveverkan som baljväxter och andra "kväverika" frukter samt stallgödsel, djururin m.m. kan ge.

Samtidigt finns i avloppsvattnet från samhällen och enskilda hushåll mycket stora mängder kväve m.fl. växtnäringssämnen som går förlorade och utgör miljöproblem. Pettersson (1992) anger, att mängderna kväve, fosfor och kalium i urin och fekalier från människor uppgår till ca 6, 0,7 resp. 1,5 kg per person och år. För hela befolkningen i Sverige motsvarar detta ca 19, 20 resp. 17 % av innehållet av dessa ämnen i den förbrukade mängden handelsgödsel (Pettersson, 1992). I urinen återfinns 85-90 % av det kväve och 50-70 % av den fosfor som finns i den totala mänskliga avföringen (Sundberg, 1995). Det är viktigt att urinens innehåll av dessa båda miljömässigt kontroversiella ämnen tas tillvara. Genom källsortering av humanurin och utnyttjande av denna som gödselmedel, särskilt i ekologiskt jordbruk, finns möjlighet till åtgärder som bidrar till att lösa de nämnda problemen.

Det är angeläget att alla delar i humanurinens hanteringskedja studeras: från hushållen och ända ut till spridning och användning av urinen som gödselmedel i jordbruket. Av undersökningar med humanurin här i landet framgår, att urinen kan betraktas som ett mycket rent gödselmedel med avseende på innehållet av tungmetaller (Kirchmann & Pettersson, 1995; Jönsson et al., 1996). Av de med födan intagna tungmetallmängderna absorberas i allmänhet högst 10 % i tarmsystemet, vilka sedan utsöndras med urinen (Naturvårdsverket, 1995). Vad gäller riskerna för smittspridning, tycks enligt studier vid Smittskyddsinstitutet lagring av urinen i minst sex månaders tid ge god hygienisering för senare användning i jordbruket (Jönsson, pers. medd.).

Få moderna undersökningar har rapporterats, vad gäller användning av humanurin som gödselmedel i jordbruket. På försöksgården Tingvall i Bohuslän startades 1995 försök med gödsling med humanurin i jämförelse med nöturin och slam från avloppsreningsverk (Försök i Väst, 1995). Resultaten visade, att humanurinen hade god gödselverkan. Av kärlförsök med korn utförda av Kirchmann & Pettersson (1995) framgår dock, att humanurin var mindre effektiv än ammoniumnitrat som kvävegödselmedel, med ett kväveupptag i grödan om 42 % resp. 53 %. Johansson (1997) rapporterar något lägre kärnskörd av havre, som gödslats med humanurin genom bandspridning och efterföljande nedharvning, än efter tillförsel av NPK-gödselmedel.

För att belysa dels humanurinens verkan som kvävegödselmedel vid ekologisk odling av stråsäd och dels inverkan på kväveutlakningsriskerna av gödsling med humanurin genomfördes i Göta- och Svealand 1996 fyra fältförsök med höstvetete och fem försök med havre (tabell 1 och figur 1), i vilka humanurin tillfördes i växande gröda.

MATERIAL OCH METODER

Försökens geografiska fördelning framgår av tabell 1 och figur 1. Avsikten var att välja försöksplatser med förfrukter med relativt god kväveefterverkan (tabell 1) och därmed ganska god kvävetillgång under grödornas tidigare utvecklingsstadier. Vidare minskar i praktiken sen urinspridning risken för markpackning till följd av tunga vagnslass. Därför valdes en relativt sen tidpunkt för spridningen. Till höstvetet tillfördes urinen i stadium DC 30-31 (Zadoks-skalan), dvs. i begynnande stråskjutning. I havreförsöken ägde spridningen rum i stadium DC 24, som infaller under den senare delen av bestockningsfasen. Humanurin erhöles från fem bebyggelseområden (tabell 2). Urinen tillfördes i vartannat sårads mellanrum med efterliknande av tekniken vid släpslangsspridning (bandspridning). Avsikten var att tillföra urin i givor som motsvarade följande mängder ammoniumkväve:

- A. Utan humanurin
- B. 30 kg N/ha som NH₄-N i humanurin
- C. 60 kg N/ha som NH₄-N i humanurin
- D. 90 kg N/ha som NH₄-N i humanurin
- E. 120 kg N/ha som NH₄-N i humanurin

Tabell 1. Försöksplatser och allmänna odlingsförhållanden i försöken med humanurin
Table 1. Experimental sites and general cultivation conditions in the trials with human urine

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Förfrukt <i>Preceding crop</i> (stg = tillförsel av stallgödsel under förfrukts-året = <i>application of manure in the preceding year</i>)	Jordart <i>Soil type</i>	Sådatum <i>Sowing date</i>	Datum för urinspridning <i>Date of urine application</i>	Kväve i mark och gröda vid spridningen av urinen <i>Nitrogen in soil and crop at the application of urine</i>	
					Mineral-N, kg/ha, 0-90 cm markdjup <i>Mineral N, kg/ha, 0-90 cm soil</i>	N, kg/ha, i grödans ovanjordiska delar* <i>in aerial plant parts</i>
Höstvete <i>Winter wheat</i>						
Dingleskolan, O	Vall, vallträda	nmh ML	8/9	12/6	24	18/62
Norrgårda, T	Ärt + havre**	mmh mj LL	31/8	14/6	69	45/80
Berga, B	Helträda + stg	mmh SL	20/9	23/5	114	33/80
Lilla Böslid, N	Konservärter	mmh ML	9/9	24/5	23	32/64
Havre <i>Oats</i>						
Dingleskolan, O	Betesvall	mmh mj LL	15/5***	27/6	44	18/52
Norrgårda, T	Höstvete + stg	mmh I Mo	14/5	25/6	82	11/48
Åsbergby, C	Vall + stg	nmh SL	5/5***	16/6	-	11/69
Västerby, E	Vårkorn + stg	mmh ML	2/5***	17/6	37	8/61
Nissaryd, N	Vall III	mr I Mo	1/5	18/6	100	-/114

*) Avser kväve i grödan vid två tidpunkter: vid urinspridning/vid gulmognad.

Refers to nitrogen in the crop at two times: at the application of urine/at yellow ripeness.

***) Ej skördat, nedplöjt som grön gödsling. *Not harvested, ploughed down as green manure.*

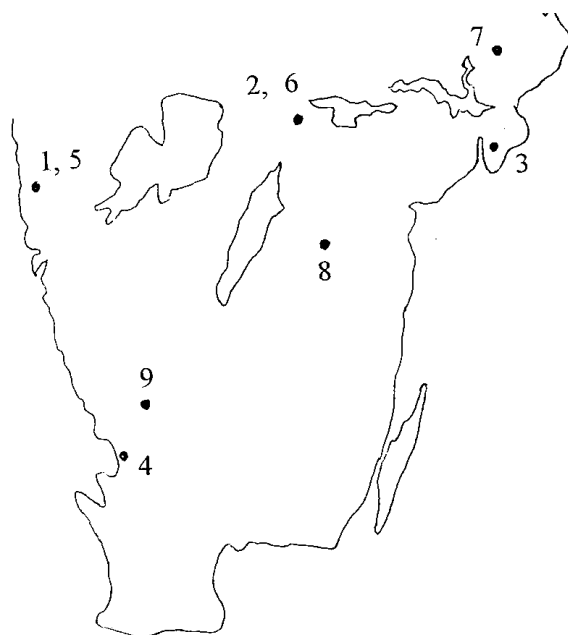
****) Vall såddes in i havren. *Ley was undersown in the oats.*

Försök med höstvetete: Experiments with winter wheat:

1. Dingleskolan, Dingle, O-län
2. Norrgårda, Mosås, T-län
3. Berga, Södertörn, B-län
4. Lilla Böslid, Eldsberga, N-län

Försök med havre: Experiments with oats:

5. Dingleskolan, Dingle, O-län
6. Norrgårda, Mosås, T-län
7. Åsbergby, Östuna, C-län
8. Västerby, Vårdnäs, E-län
9. Nissaryd, Hylte, N-län



Figur 1. Fältförsökens placering

Figure 1. Location of the field experiments

Tabell 2. Den spridda humanurinens sammansättning

Table 2. Composition of the human urine applied

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Urinens härkomst <i>Origin of the urine</i>	Torrsubstans, % <i>Dry matter, %</i>	Urinens växtnäringsinnehåll, kg per ton <i>Plant nutrient contents of the urine, kg per ton</i>				
			Total-N	NH ₄ -N	P	K	Mg
Dingleskolan, O	Fastigheter i Tanums kom.	0,6	3,7	1,9	0,2	0,8	-
Norrgårda, T	Hallsbergs bostadsstiftelse	1,0	4,7	2,0	0,3	1,1	< 0,1
Berga, B	Understenshöjden, Stockholm	0,6	3,2	3,1	0,2	0,9	-
Åsbergby, C	Understenshöjden, Stockholm	0,4	2,2	2,1	1,2	0,6	-
Västerby, E	Västerby skogs- o. lantbr.sk.	0,2	0,9	0,9	< 0,1	0,3	< 0,1
Lilla Böslid, N	Elias Fries skola, Hyltebruk	0,8	2,7	2,7	0,2	1,3	< 0,1
Nissaryd, N	Elias Fries Skola, Hyltebruk	0,3	1,3	1,3	< 0,1	0,7	< 0,1
Medeltal <i>Mean</i>		0,6	2,7	2,0	ca 0,3	0,8	

Försöken genomfördes med tre block. På grund av den kalla våren 1996, med sent vårbruk och långsam tillväxt som följd, spreds urinen först den 23/5 - 14/6 i höstveteförsöken (medeldatum: 3/6) och 16/6 - 27/6 i havreförsöken (medeldatum: 21/6), se tabell 1. Vid skörden bestämdes avkastningen rutvis, varvid ledvisa prover togs ut för sedvanlig spannmålsanalys och bestämning av kärnans totalkväveinnehåll.

För att beskriva grödans kväveförsörjning under tiden fram till urinspridningen bestämdes mängderna mineralkväve (NH₄-N + NO₃-N) inom 0-90 cm markdjup och kväveinnehållet i grödornas ovanjordiska delar i samband med urinspridningen. I syfte att belysa uringödslingens inverkan på höstvetets och havrens upptag av kväve fram till avslutad N-upptagning provtogs grödorna även vid gultmognad (medeldatum för provtagning: höstvetete den 21/8 och havre den 26/8). Mängderna mineralkväve i marken bestämdes likaså vid gultmognad. Syftet var att fastställa förekomsten av outnyttjat jord- och urinkväve i marken, när grödans N-upptagning avslutats, vilket belyser gödslingens inverkan på N-utlakningsrisken (se t.ex. Lindén et al., 1993a). Denna provtagning upprepades på senhösten (medeldatum: 21/10).

Vid grödprovtagningarna i samband med urinspridningen och vid gulmognad avklippes grödan vid markytan inom fyra st 0,25 m² stora ytor per försöksruta, varefter innehållet av totalkväve analyserades. För beräkning av grödans samlade kväveinnehåll vid gulmognad antogs, att totalkvävemängden i rötterna utgjorde 25 % av innehållet i hela grödan (jmf. Jansson, 1966; Hansson et al., 1987). För bestämning av mängderna mineralkväve provtogs markprofilen ledvis med uppdelning på skikten 0-30, 30-60 och 60-90 cm, varefter proverna djupfrystes. De extraherades i fryst tillstånd med 2 M KCl för bestämning av innehållet av ammonium- och nitratkväve.

De i verkligheten tillförda kvävegivorna avvek mycket från de planerade mängderna i de olika leden. Detta belyses i tabell 3a och b, där de faktiskt spridda kvävemängderna anges i kg totalkväve per ha (istället för NH₄-N såsom avsetts i försöksplanen). För att kunna jämföra effekterna av stigande mängder humanurin de olika försöken emellan beräknades genom regressionsanalys funktioner i form av andrags- och/eller tredjegrads-polynom för samband mellan kvävegivorna (uttryckta som total-N) och de ovan angivna parametrarna. Med hjälp av dessa funktioner interpolerades sedan värden för effekterna av olika totalkvävegivor tillförda med urinen (0, 30, 60, 90, 120 samt i två fall även 160 och 200 kg N per ha).

Tabell 3a. Spridd mängd humanurin samt total-N tillfört med urinen i försöken med höstvet. I den ursprungliga försöksplanen avsågs urinens innehåll av NH₄-N (se tabellhuvudet)

Table 3a. Applied amounts of urine and total N added with the urine in the trials with winter wheat. In the original experimental plan the amounts referred to the contents of NH₄-N in the urine (see table heading)

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Försöksled samt planerad tillförsel av kväve i form av NH ₄ -N, kg/ha <i>Treatments and planned application of nitrogen in the form of NH₄-N, kg/ha</i>				
	A	B	C	D	E
	0	30	60	90	120
Spridd mängd urin, ton per ha <i>Applied amount of urine, tons per ha</i>					
Dingleskolan, O	-	5,0	10,0	15,0	20,0
Norrgårda, T	-	16,7	33,3	50,0	66,7
Berga, B	-	Led B-E: uppgifter saknas			
Lilla Böslid, N	-	10,7	21,4	32,1	42,8
Faktisk N-tillförsel med urinen, kg total-N per ha <i>Actual N application with the urine, kg of total N per ha</i>					
Dingleskolan, O	0	19	37	56	74
Norrgårda, T	0	79	157	235	314
Berga, B	0	30	60	90	120
Lilla Böslid, N	0	29	58	87	116
Medeltal	0	39	78	117	156
<i>Mean</i>					

Tabell 3b. Spridd mängd humanurin samt total-N tillfört med urinen i försöken med havre. I den ursprungliga försöksplanen avsågs urinens innehåll av $\text{NH}_4\text{-N}$ (se tabellhuvudet)

Table 3b. Applied amounts of urine and total N added with the urine in the trials with oats. In the original experimental plan the amounts referred to the contents of $\text{NH}_4\text{-N}$ in the urine (see table heading)

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Försöksled samt planerad tillförsel av kväve i form av $\text{NH}_4\text{-N}$, kg/ha <i>Treatments and planned application of nitrogen in the form of $\text{NH}_4\text{-N}$, kg/ha</i>				
	A	B	C	D	E
	0	30	60	90	120
Spridd mängd urin, ton per ha <i>Applied amount of urine, tons per ha</i>					
Dingleskolan, O	-	5,0	10,0	15,0	20,0
Norrgårda, T	-	16,7	33,3	50,0	66,7
Åsbergby, C	-	13,6	27,3	41,0	54,0
Västerby, E	-	15,0	30,0	45,0	60,0
Nissaryd, N	-	21,0	42,0	63,0	84,0
Faktisk N-tillförsel med urinen, kg total-N per ha <i>Actual N application with the urine, kg total N per ha</i>					
Dingleskolan, O	0	19	37	56	74
Norrgårda, T	0	79	157	235	314
Åsbergby, C	0	30	60	90	119
Västerby, E	0	14	27	41	54
Nissaryd, N	0	27	55	82	109
Medeltal	0	34	67	101	134
<i>Mean</i>					

RESULTAT OCH DISKUSSION

Humanurinens kväveinnehåll

Av tabell 2 framgår att den spridda humanurinen i medeltal innehöll 2,7 kg total-N, ca 0,3 kg P och 0,8 kg K per ton. Detta motsvarar ungefär ett NPK-gödselmedel med sammansättningen 18:2:5. Som jämförelse kan anföras de riktvärden för innehållet av total-N, P och K i djururin som redovisats av Rodhe (1996) på basis av litteraturuppgifter. För nötkreatursurin anges 1-5 % N, 0,0 % P och 4,0 % K samt för svinurin 1-7 % N, 0,3 % P och 1,5 % K. Det redovisade $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehållet i humanurinen (tabell 2) avser egentligen summan av ammonium- och ammoniakkväve (jmf. Kirchmann & Pettersson, 1995). Dessa N-former har i denna undersökning bestämts som $\text{NH}_4\text{-N}$. I den urin som hämtats från tre av de fem bebyggelseområdena med urinsortering var detta $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehåll detsamma eller praktiskt taget detsamma som totalkväveinnehållet. Detta hade kunnat förväntas, eftersom urinämnet normalt snabbt sönderdelas, så även under lagring i septiktankar (jmf. Kirchmann & Pettersson, 1995).

I den urin som spreds i försöken i Bohuslän och Närke (O- resp. T-län) uppgick emellertid ammoniumkvävehalten endast till omkring hälften av totalkvävehalten (tabell 2). Genom att gödselgivorna enligt försöksplanen bestämts på basis av $\text{NH}_4\text{-N}$ -innehållet, kom därför de totalkvävemängder som spreds i Närke-försöken att bli betydligt större än beräknat (tabell 3a och b). Att de tillförda N-mängderna i vissa av de andra försöken mer eller mindre avvek från de planerade synes delvis bero på olika resultat vid bestämning av ammoniumhalten med den s.k. gödselburken i samband med spridning och efterföljande ammoniumanalys på laboratorium.

För att undvika avvikelser av dessa slag från de planerade N-mängderna vid spridning av humanurin synes det vara lämpligast att använda sig av urinens totalkväveinnehåll som grund för beräkningen av N-givornas storlek. Det N-utnyttjande som fastställts i vissa av försöken stöder detta (se nedan).

Humanurinens inverkan på kärnskördarna

De i allmänhet goda förfrukterna medförde förhållandevis höga skördar av både höstvetet och havre även utan gödsling med humanurin, i genomsnitt 4170 resp. 3650 kg kärna per ha (tabell 4). Höstvetet kunde i medeltal utnyttja 95 kg jord- och förfruktskväve per ha (tabell 7a) och havren 91 kg per ha (tabell 7b). Detta är mer än man kan förvänta sig i konventionellt jordbruk och med stråsåd som förfrukt (Lindén, 1987). Den goda markkväveleveransen bör under de rådande förhållandena ha minskat gödselkvävebehovet och medfört bättre N-tillgång än annars under tidigare utvecklingsstadier och härigenom även minskat behovet av tidigare N-gödsling.

Stigande mängder humanurin till höstvetet gav dock goda skördeökningar utom i försöket på Berga i Stockholms län, där sjukdomsangrepp på grödan syntes ha förekommit. Resultaten från höstveteförsöken på Norrgårda i Närke och Lilla Böslid i Halland tyder på att även totalkvävegivor på mer än 120 kg N/ha givit resp. borde ha givit tydliga skördeökningar genom hög avkastningspotential på dessa odlingslokaler. Uringödslingen till havren gav emellertid inte lika stora skördeutslag, antagligen delvis beroende på lägre avkastningsförmåga än hos höstvetet. I försöket med havre vid Nissaryd i Hallands län gav uringödslingen inte några säkra skördeökningar. Orsaken synes vara mullrik jord och vall som förfrukt och därmed stor kväveleverans från marken (tabell 1 och 7b).

Tabell 4. Kärnskorrdar (kg/ha) i försöken med humanurin. Interpolerade värden
 Table 4. Grain yields (kg/ha) in the experiments with human urine. Interpolated values

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Totalkväve (kg/ha) tillfört med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>						
	0	30	60	90	120	160	200
Höstvete <i>Winter wheat</i>							
Dingleskolan, O	3950	4870	5900	-	-	-	-
Norrgårda, T	4880	5420	5860	6210	6470	6690	6770
Berga, B	3440	4110	4140	4320	3560	-	-
Lilla Böslid, N	4420	5260	6140	7040	7920	-	-
Medeltal	4170	4910	5510	5860	5980		
Havre <i>Oats</i>							
Dingleskolan, O (m. insådd)	4190	4550	4860	-	-	-	-
Norrgårda, T	3150	3990	4610	5040	5300	5440	5410
Åsbergby, C (m. insådd)	2830	3100	3240	3340	3500	-	-
Västerby, E (m. insådd)	3610	4040	4260	-	-	-	-
Nissaryd, N	4460	3870	4190	4480	3820	-	-
Medeltal, alla försök <i>Mean, all experiments</i>	3650	3910	4230	4290	4200		
Medeltal, utom Nissaryd <i>Mean, except Nissaryd</i>	3440	3920	4240	4190	4400		

m. insådd = undersown (with ley seeds).

Gödslingen med urin i höstveteförsöken gav vid gödslingsnivåerna 30, 60, 90 och 120 kg total-N/ha ett genomsnittligt skördeutbyte motsvarande i tur och ordning 25, 22, 18 och 14 kg kärna per kg totalkväve i urinen (tabell 5). I havreförsöken (utom försöket vid Nissaryd) blev skördeutbytet på motsvarande vis i medeltal 16, 13, 13 och 12 kg kärna per kg totalkväve.

Motsvarande skördeutbyte per kg kväve i form av handelsgödsel har som jämförelse beräknats med hjälp av allmänna produktionsfunktioner erhållna från Jordbruksverket (Bertil Albertsson, pers. medd.). Materialet baseras på fältförsök med mindre kvävelevererande förfrukter än i humanurinförsöken, mestadels stråsäd. För höstvete (utan proteinbetalning) erhöles vid gödslingsnivåerna 30, 60, 90 och 120 kg N/ha härvid skördeökningar på i tur och ordning 30, 28, 25 och 23 kg kärna per kg handelsgödselkväve (tabell 5). För havre blev på motsvarande sätt skördeutbytet 32, 27, 23 resp. 19 kg kärna per kväve. I försök med stallgödsel i Uppland fastställdes ökning av skörden av korn på 12 och 17 kg kärna per kg ammoniumkväve i flytgödsel efter senvinter- resp. vårspridning och 7 kg efter släpslangspridning i växande gröda (Jakobsson och Lindén, 1992). I samma undersökning erhöles för fastgödsel efter spridning i vårbruket lägre skördeutbyten än så.

I jämförelse med dessa olika resultat hade således urinkvävet sämre verkan än handelsgödselkväve, särskilt i havreförsöken, men i allmänhet bättre effekt än ammoniumkväve i stallgödsel som bredsprits före eller under vårbruket. Den svagare effekten kan delvis bero på gödsling vid senare tidpunkt än i försöken med handelsgödselkväve. I enlighet med principen för det avtagande merutbytet vid stigande N-tillgång kan den svagare verkan av humanurinen delvis även bero på mer växttillgängligt jord- och förfruktskväve på dessa ekologiskt odlade fält, där humanurinförsöken placerats. Där utgjorde tillgången på sådant kväve i genomsnitt

drygt 90 kg N/ha (tabell 7a och b), vilket kan jämföras med i medeltal ca 60 kg N/ha efter stråsåd som förfrukt i försök på konventionellt brukade gårdar utan djurhållning (Lindén, 1987; Lindén et al., 1992a).

Tabell 5. Skördeutbyte (kg kärna, interpolerade värden) per kg totalkväve tillfört med humanurinen samt jämförelser med skördeutbytet per kg kväve i handelsgödsel i andra undersökningar

Table 5. Yields (kg of grain, interpolated values) per kg of total nitrogen applied with the human urine and comparisons with the grain yields per kg of commercial fertilizer nitrogen obtained in other investigations

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Totalkväve (kg/ha) tillfört med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>					
	30	60	90	120	160	200
Höstvete <i>Winter wheat</i>						
Dingleskolan, O	31	33	-	-	-	-
Norrgårda, T	18	16	15	13	11	9
Berga, B	22	12	10	1	-	-
Lilla Böslid, N	28	29	29	29	-	-
Medeltal <i>Mean</i>	25	22	18	14		
Havre <i>Oats</i>						
Dingleskolan, O (m. insådd)	12	11	-	-	-	-
Norrgårda, T	28	24	21	18	14	11
Åsbergby, C (m. insådd)	9	7	6	6	-	-
Västerby, E (m. insådd)	15	11	-	-	-	-
Nissaryd, N	-20	-5	0	-5	-	-
Medeltal, utom Nissaryd <i>Mean, except Nissaryd</i>	16	13	13	12		
Jämförelser med handelsgödselkväve:* <i>Comparisons with commercial fertilizer nitrogen</i>						
	N (kg/ha) tillfört med handelsgödsel <i>N (kg/ha) applied with commercial fertilizers</i>					
	30	60	90	120		
Höstvete <i>winter wheat</i> , utan protein- betalning (n = 152)	30	28	25	23		
Havre <i>oats</i> (n = 61)	32	27	23	19		

m. insådd = undersown (with ley seeds).

*) Beräkningar på basis av avkastningsfunktioner erhållna från Bertil Albertsson, Jordbruksverket, Skara (pers. medd.). Förfrukterna utgjordes i allmänhet av stråsåd. Funktionerna för höstvete härrör ursprungligen från Mattsson & Kjellquist (1992).

Humanurinens inverkan på råproteinhalterna i kärnskördarna

Råproteinhalterna blev låga i både höstvet- och havreförsöken (tabell 6), vilket dock delvis kan avspegla en allmän årsmånseffekt. Uringödslingen till höstvetet gav endast i försöket vid Norrgårda i Närke råproteinhalter över betalningsgränsen 11,50 %. En giva på 120 kg total-N per ha medförde en genomsnittlig proteinhaltsökning på bara 1,6 % i höstvetet och 1,5 % i havren (oräknat försöket i Nissaryd) i jämförelse med halterna i det ogödslade kontrolleret.

Tabell 6. Råproteinhalter (% av ts) i kärnskördarna. Beräkningar baserade på interpolerade värden för totalkvävehalterna i kärnskördarna. Höstvet: råprotein = total-N x 5,7; havre: råprotein = total-N x 6,25

Table 6. Crude protein concentrations (% of DM) in grain yields. The calculations were based on interpolated values for total N concentrations in grain. Winter wheat: crude protein = total N x 5.7. Oats: crude protein = total N x 6.25

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Totalkväve (kg/ha) tillfört med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>						
	0	30	60	90	120	160	200
Höstvete <i>Winter wheat</i>							
Dingleskolan, O	9,58	9,46	10,37	-	-	-	-
Norrgårda, T	9,80	10,55	11,23	11,74	12,20	12,65	12,94
Berga, B	8,49	9,63	10,20	10,32	9,69	-	-
Lilla Böslid, N	7,64	7,98	8,27	8,66	9,58	-	-
Medeltal <i>Mean</i>	8,88	9,41	10,02	10,24	10,49		
Havre <i>Oats</i>							
Dingleskolan, O (m. insådd)	8,31	8,50	8,81	-	-	-	-
Norrgårda, T	9,06	8,50	8,38	8,56	8,94	9,63	10,44
Åsbergby, C (m. insådd)	8,00	8,31	8,63	8,88	9,06	-	-
Västerby, E (m. insådd)	7,63	7,75	8,44	-	-	-	-
Nissaryd, N	11,50	12,44	12,56	12,63	13,19	-	-
Medeltal, alla försök <i>Mean, all experiments</i>	8,90	9,10	9,36	10,02	10,40		
Medeltal, utom Nissaryd <i>Mean, except Nissaryd</i>	8,25	8,27	8,57	8,72	9,00		

m. insådd = *undersown (with ley seeds)*.

Urinkvävet utnyttjandegrad

Urinkvävet utnyttjandegrad (%) beräknades med följande formel:

$$V = 100(N_g - N_0)/N_u$$

där V = urin-totalkvävet utnyttjandegrad (%)
 N_g = Kväve i hela grödan i uringödslat led vid gultmognad
 N_0 = Kväve i hela grödan i ogödslat led vid gultmognad
 N_u = Tillförd mängd totalkväve med urinen i gödslat led

Vid tillförsel av urin i stigande mängder utnyttjade grödorna en allt mindre andel av urinkvävet. Sålunda minskade i försöken med höstvetete den genomsnittliga utnyttjandegraden från 75 % vid en giva på 30 kg total-N per ha till 57 % vid en mängd på 120 kg N per ha (tabell 7a). I havre försöken avtog N-verkningsgraden vid motsvarande givor från 56 % till 50 % (tabell 7b).

Spridning av humanurin i höstvetete gav således bättre kväveutnyttjandegrad än i havre. Detta kan bero på att höstvetetebestånden vid spridningstidpunkten var så pass långt komna i tillväxten, att vindarnas inverkan på luftturbulensen vid markytan nedsattes med minskad ammoniakavgång som följd. Den sämre utnyttjandegraden i havre, med i medeltal drygt 50 % N-utnyttjande, tyder på att en annan spridningsmetod borde prövas i denna gröda.

Tabell 7a. Försöken med höstvetete: utnyttjad mängd urinkväve (kg/ha) och urinkvävet utnyttjandegrad (%) beräknade som urinkväve upptaget av grödan fram till gulmognad i relation till mängd totalkväve tillförd med urinen. Det utnyttjade urinkvävet har beräknats som det totala kväveinnehållet i grödan i gödlat led minskat med det totala kväveinnehållet i grödan i ogödslat led. Kvävet i grödan i ogödslat led kan anses motsvara mängden utnyttjat jord- och fruktskväve (se tabellen). Beräkningarna baseras på interpolerade värden för grödornas kväveupptag

Table 7a. Experiments with winter wheat: plant utilized urine nitrogen (kg/ha) and nitrogen efficiency (%) calculated as urine nitrogen taken up by the crop until yellow ripeness in relation to the amount of total nitrogen applied with the urine. The used amounts of urine nitrogen were calculated as nitrogen taken up by the crop in the fertilized treatment subtracted by the nitrogen in the crop in the unfertilized control treatment. The calculations refer to interpolated values for crop uptake of nitrogen

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Utnyttjad mängd jord- och fruktskväve <i>Utilized N from soil and preceding crops</i>	Totalkväve (kg/ha) tillförd med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>					
		30	60	90	120	160	200
		Utnyttjat urinkväve, kg/ha <i>Utilized urine nitrogen, kg/ha</i>					
Dingleskolan, O	82	24	49	-	-	-	-
Norrgårda, T	107	18	35	52	66	84	98
Berga, B	107	23	36	36	58	-	-
Lilla Böslid, N	87	24	41	58	81	-	-
Medeltal <i>Mean</i>	95	22	40	48	68		
		Urinkvävet verkningsgrad <i>Efficiency of the urine nitrogen</i>					
Dingleskolan, O	82	82	-	-	-	-	-
Norrgårda, T	61	59	57	55	52	49	
Berga, B	77	60	39	48	-	-	
Lilla Böslid, N	79	69	65	67	-	-	
Medeltal <i>Mean</i>		75	68	54	57		

Humanurinens utnyttjandegrad kan jämföras med handels- och stallgödselkvävetts effekt. I ett försök på lerjord vid Lanna i Västergötland, med normalt rekommenderade kvävegivor (100-110 kg N/ha) till vårsäd, uppgick utnyttjandegraden för handelsgödselkväve till i medeltal drygt 70 %, med variationer från 64 till 97 % (Lindén et al., 1993b). Vid denna gödslingsnivå gav humanurinen således sämre utnyttjandegrad i både höstvetet och havren. Då uppgifterna från humanurinförsöken endast gäller ett års försök, behövs ytterligare undersökningar för säkrare slutsatser, men liknande resultat redovisas av Kirchmann & Pettersson (1995) och Johansson (1997).

Utnyttjandegraden för ammoniumkväve i normala givor svinflytgödsel till vårsäd i ett försök på sandjord vid Mellby i Halland uppgick till 48-52 % av tillförd mängd vid spridning i samband med vårbruket och till i medeltal 38 % vid höstspridning (Lindén et al., 1993a). Detta tyder på att den tillämpade släpplangtekniken med spridning av humanurinen i strängar i vartannat radmellanrum ändå var jämförelsevis effektiv.

Tabell 7b. Försöken med havre: utnyttjad mängd urinkväve (kg/ha) och urinkvävetts utnyttjandegrad (%). Förklaringar: se tabell 7a

Table 7b. Experiments with oats: plant utilized urine nitrogen (kg/ha) and nitrogen efficiency (%). Explanations: see Table 7a

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Utnyttjad mängd jord- och förfruktskväve <i>Utilized N from soil and preceding crops</i>	Totalkväve (kg/ha) tillförd med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>					
		30	60	90	120	160	200
		Utnyttjat urinkväve, kg/ha <i>Utilized urine nitrogen, kg/ha</i>					
Dingleskolan, O	68	12	21	-	-	-	-
Norrgårda, T	66	21	40	56	69	84	96
Åsbergby, C	92	11	22	32	41	-	-
Västerby, E	81	21	37	-	-	-	-
Nissaryd, N	150	19	37	54	70		
Medeltal <i>Mean</i>	91	17	31	47	60		
		Urinkvävetts verkningsgrad <i>Efficiency of the urine nitrogen</i>					
Dingleskolan, O (m. insådd)		39	34	-	-	-	-
Norrgårda, T		71	66	62	57	52	48
Åsbergby, C (m. insådd)		36	37	36	34	-	-
Västerby, E (m. insådd)		71	62	-	-	-	-
Nissaryd, N		62	61	60	58	-	-
Medeltal <i>Mean</i>		56	52	52	50		

m. insådd = *undersown (with ley seeds)*.

Kväveutlakningsrisker

Vid gulmognad, då grödornas N-upptagning kan anses ha avslutats, uppgick de utnyttjade mängderna förfrukts- och markkväve, som då återfanns i marken i form av ammonium- och nitrat-N, till i medeltal 24 kg N/ha inom 0-90 cm markdjup i ledet utan uringödsling (tabell 8a). Detta gäller både höstvetete- och havreförsöken. Gödsling med stigande mängder humanurin i givor upp till 90 kg total-N per ha ökade dessa mineralkväverester med i medeltal 7 kg N/ha i höstveteförsöken och 8 kg i havreförsöken. Ökningarna av restkvävemängderna kan sägas vara i samma storleksordning som efter tillförsel av handelsgödselkväve eller stallgödsel i normala mängder (Lindén et al., 1992b, 1993a och b).

Ökningarna i havreförsöken kan dock nästan uteslutande hänföras till försöket vid Nissaryd, där den goda kvävetillgången i marken (tabell 1 och 7b) och havrens begränsade avkastningspotential medförde, att uringödslingen inte gav några säkra skördeökningar. Även i försöket med höstvetete på Norrgårda i Närke var markkvävetillgången större än genomsnittligt (tabell 1 och 7a), vilket kan ha bidragit till de fastställda, större mineralkväveresterna än i de andra höstveteförsöken. Kvävegivor över 120 kg N/ha, som tillfördes i både höstvetete- och havreförsöket vid Norrgårda, medförde mer kraftigt tilltagande restkvävemängder, vilket sammanföll med minskande avkastningsökningar vid stigande N-tillförsel (tabell 4) och därmed avtagande utnyttjandegrad för urinkvävet (tabell 7a och b).

Tabell 8a. Inverkan av uringödslingen på mängderna kvarvarande mineralkväve (ammonium- och nitrat-N, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup vid gulmognad (avslutad kväveupptagning). Interpolerade värden

Table 8a. Effect of urine application on the amounts of residual mineral nitrogen (ammonium and nitrate N, kg/ha) in the 0-90 cm soil layer at yellow ripeness (end of nitrogen uptake). Interpolated values

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Provtagn., datum <i>Sampling date</i>	Totalkväve (kg/ha) tillfört med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>						
		0	30	60	90	120	160	200
Höstvetete <i>Winter wheat</i>								
Dingleskolan, O	20.8	16	21	21	-	-	-	-
Norrgårda, T	20.8	53	56	59	62	68	86	109
Berga, B	22.8	17	12	13	17	10	-	-
Lilla Böslid, N	21.8	11	14	12	11	14	-	-
Medeltal, alla försök <i>Mean, all experiments</i>	21.8	24	26	26	30	31		
Medeltal, utom Norrgårda <i>Mean, except Norrgårda</i>	21.8	15	16	15	14	12		
Havre <i>Oats</i>								
Dingleskolan, O (m. insådd)	4.9	19	20	22	-	-	-	-
Norrgårda, T	27.8	25	23	23	24	27	35	48
Åsbergby, C (m. insådd)	17.8	24	24	23	22	25	-	-
Västerby, E (m. insådd)	22.8	24	29	29	-	-	-	-
Nissaryd, N	27.8	28	44	46	51	65	-	-
Medeltal, alla försök <i>Mean, all experiments</i>	26.8	24	28	28	32	39		
Medeltal, utom Nissaryd <i>Except Nissaryd</i>	25.8	23	24	24	23	26		

m. insådd = undersown (with ley seeds).

Fram till senhösten (medeldatum för provtagning: 21/10) ökade i genomsnitt mineralkvävemängderna något (tabell 8b), uppenbarligen genom kväveminerisering (jmf. Lindén et al., 1993a och b). I tre av försöken med havre, där vall såddes in på våren, kan insåddens tillväxt och kväueupptag på hösten ha bidragit till att ökningarna blev små, vilket var fallet i försöken vid Dingleskolan och Åsbergby, men också till att mineralkvävemängderna vid Västerby minskade något under hösten. Även i de övriga försöken fastställdes antingen smärre ökning eller något minskade förråd. Större ökning under hösten konstaterades bara i försöket vid Nissaryd, där den mullrika jorden uppenbarligen medförde kraftigare höstmineralisering än på de andra platserna. Endast i havreförsöket vid Nissaryd och höstveteförsöket på Norrgårda fastställdes påtagligt större mineralkvävemängder till följd av ökad urintillförsel, såsom vid provtagningen vid avslutad kväueupptagning.

Restkvävmängderna vid avslutad N-upptagning kan i princip bidra till kväeutlakningen under den efterföljande vintern (Bergström & Brink, 1986). Härtill påverkar kvävemineriseringen under hösten och vintern kväeutlakningen (Lindén et al., 1993a och b). De redovisade mineralkvävemängderna vid avslutad N-upptagning och på senhösten tyder dock på att ökande uringivor upp till mängder motsvarande normala kväuegivor inte medför påtagligt ökad N-utlakningsrisk, såvida inte markens leverans av växttillgängligt kväue såsom vid Nissaryd är så stor, att gödselkväuebehovet påtagligt minskat.

Tabell 8b. Inverkan av uringödslingen på mängderna mineralkväue (ammonium- och nitratkväue, kg/ha) inom 0-90 cm markdjup på senhösten. Interpolerade värden

Table 8b. Effect of urine application on the amounts of mineral nitrogen (ammonium and nitrate nitrogen, kg/ha) in the 0-90 cm soil layer in late autumn. Interpolated values

Försöksplats och län <i>Experimental site and county</i>	Provtagn., datum <i>Sampling date</i>	Totalkväue (kg/ha) tillfört med urinen <i>Total nitrogen (kg/ha) applied with the urine</i>						
		0	30	60	90	120	160	200
Höstvete <i>Winter wheat</i>								
Dingleskolan, O	22.10	25	22	24	-	-	-	-
Norrgårda, T	14.10	35	36	41	50	62	82	107
Berga, B	22.10	22	24	21	18	18	-	-
Lilla Böslid, N	21.10	24	24	28	30	26	-	-
Medeltal, alla försök <i>Mean, all experiments</i>	20.10	27	27	29	33	35		
Medeltal, utom Norrgårda <i>Mean, except Norrgårda</i>	22.10	24	24	24	24	22		
Havre <i>Oats</i>								
Dingleskolan, O (m. insådd)	22.10	27	25	26	-	-	-	-
Norrgårda, T	14.10	22	23	24	25	25	26	32
Åsbergby, C (m. insådd)	22.11	23	30	28	25	30	-	-
Västerby, E (m. insådd)	25.11	24	22	17	-	-	-	-
Nissaryd, N	23.10	65	78	90	101	108	-	-
Medeltal, alla försök <i>Mean, all experiments</i>	21.10	32	35	37	50	54		
Medeltal, utom Nissaryd <i>Mean, except Nissaryd</i>	21.10	24	25	24	25	28		

m. insådd = undersown (with ley seeds).

SLUTSATSER

Den humanurin som användes i försöken innehöll i medeltal 2,7 kg total-N, 2,0 kg NH₄-N, ca 0,3 kg P och 0,8 kg K per ton. Utöver kvävet kan i viss mån även innehållet av fosfor och kalium m.fl. ämnen ha inverkat på skördeutbytet. I denna undersökning har dock resultaten endast relaterats till humanurinens kväveinnehåll. Genom i allmänhet kväverika förfrukter såsom vallar synes de mängder markkväve som grödorna kunde utnyttja (i medeltal drygt 90 kg N/ha) vara större än i konventionell odling med stråsådesdominerade växtföljder. Den ekologiska odlingen som sådan bör också ha bidragit till ökad kväveleverans från marken. På konventionellt brukade gårdar utan djurhållning och med stråsåd som förfrukt kan man räkna med att stråsåd i genomsnitt kan utnyttja ca 60 kg markkväve per ha (Lindén, 1987; Lindén et al., 1992a).

Humanurinen hade större skördestegrande verkan i höstvetete än i havre, uppenbarligen beroende på högre avkastningspotential hos höstvetegrödorna. Någon invändningsfri jämförelse med den skördestegrande effekten av handelsgödselkväve kan inte göras, eftersom led med handelsgödsel inte ingick i försöksplanen. Jämförelser med större försöksserier med höstvetete i konventionell odling och med mindre kväverika förfrukter, med studier av andra gödslingsätt och -tidpunkter, tyder emellertid på att totalkvävet i humanurinen hade ca 80 % skördestegrande förmåga jämfört med handelsgödselkväve efter gödsling med 30 eller 60 kg N/ha och knappt 60 % efter tillförsel av 120 kg N/ha. För havre beräknades 50-60 % skördestegrande verkan i jämförelse med handelsgödselkväve.

Urinkvävet utnyttjandegrad beräknades som andelen urinkväve upptaget i hela grödan i relation till den mängd totalkväve som tillförts med urinen. Utnyttjandegraden uppgick för höstvetetet till i medeltal 75 % efter tillförsel av 30 kg N/ha med urinen men sjönk vid ökande N-tillförsel till 57 % vid en giva om 120 kg N/ha. För havren avtog på motsvarande vis kväveutnyttjandet från 56 till 50 %. Detta är lägre värden än efter tillförsel av handelsgödselkväve i ett försök med stråsådesdominerad växtföljd i konventionell odling (Lindén et al., 1993b).

Ammoniakavdunstning efter urinspridningen kan ha bidragit till dessa resultat. Den sämre effekten av urinkvävet kan dock delvis vara skenbar. En orsak kan vara gödsling i senare utvecklingsstadier än i de jämförda försöken med handelsgödselkväve. Vidare torde den förhållandevis goda tillgången på utnyttjbart förfrukts- och markkväve ha bidragit till den mindre skördestegrande effekten och till den lägre utnyttjandegraden hos humanurinen. Härtill kan ammoniumfixering i lermineral inte uteslutas, vilket ju annars kan inträffa efter spridning av ammoniumkväve i handelsgödsel.

Råproteinhalterna blev genomgående låga. Eftersom detta delvis kan vara en årsmånseffekt, fordras ytterligare undersökningar för säkra slutsatser.

Frågan är om andra spridningsätt och -tidpunkter skulle ha givit bättre skörderesultat. Albertsson och Bengtsson (1994) visade att tillförsel av flytgödsel till höstvetete genom släpplangspridning gav bättre kväveeffektivitet vid spridning i 15 cm-stadiet än vid tiden för vårbruket. För vårsåd gällde det omvända. Dessa resultat avser kompletterande N-gödsling i form av flytgödsel, medan det i försöken med humanurin endast gjordes en gödsling. Jämförelsen med flytgödselns verkan vid släpplangspridning bekräftar emellertid, att en ganska sen spridning av urin i höstvetete kan vara effektiv. Den goda effekten av humanurinen kan bl.a. bero

på mindre ammoniakavdunstningsförluster i de vid spridningen relativt långt utvecklade bestånden (jmf. Rodhe & Johansson, 1996).

En tidig N-giva kan emellertid vara behövlig, även i ekologisk odling där markkvävetillgången ofta är god, bl.a. för att gynna höstvetets bestockning i glesa bestånd på våren och motverka ogräs. Exempelvis var förekomsten av baldersbrå mycket stor i höstvetet på försöksplatserna Berga och Norrgårda.

När det gäller havren kan det vara skäl att studera, om inte spridning med omedelbar myllning under vårbruket kan ge bättre skördeverkan genom minskad ammoniakavgång och bättre utnyttjandegrad. Då totalkvävehalten i humanurinen i försöken varierade från som lägst 0,9 till som högst 3,7 kg N/ton, kan det i vissa fall bli mycket stora vätskemängder som körs ut vid spridning av måttliga och större N-givor, med risk för markpackning som följd. Även om uringödsling vid vårbruket kan ge packningsskador genom tunga vagnslass, borde spridning vid denna tidpunkt kunna utföras på lättare jordar.

Uringödslingens inverkan på de outnyttjade mängderna mineralkväve i marken (0-90 cm djup) vid stråsådens gulmognadsstadium undersöktes för att belysa gödslingens inverkan på kväveutlakningsrisken. Dessa restkvävemängder uppvisade i genomsnitt mycket små ökningar med stigande urinkvävemängder upp till nivåer motsvarande ”normala” N-givor (90 och 120 kg N/ha). Där kvävebehovet uppenbarligen var stort, blev de outnyttjade mineralkväveresterna små även efter stora N-givor. I ett försök på mullrik jord och med vall som förfrukt, där knappast någon skördestegrande effekt av uringödslingen erhöles p.g.a. mycket god markkvävetillgång, tilltog emellertid restkvävemängderna starkt med ökande uringivor.

Endast vid överoptimal tillgång på kväve i marken syntes gödsling med humanurin således ge upphov till ökade mängder outnyttjat restkväve i marken med ökad utlakningsrisk som följd. Frågan är emellertid, om N-mineraliseringen under det efterföljande vinterhalvåret, vilken i hög grad bidrar till kväveutlakningen (jmf. Lindén et al., 1993a), kan ha påverkats av uringödslingen genom större mängder lättomsättbart organiskt material i marken på hösten. Mineralkväveprovtagningarna under senhösten tyder emellertid inte på någon sådan inverkan utan bekräftar de N-utlakningsrisker som restkvävemängderna vid gulmognad tydde på. I den nämnda mullrika jorden ökade dock mineralkväveförråden markant under hösten. Tillsammans med de större restkvävemängderna till följd av det svaga gödselkväveutnyttjandet ökade detta påtagligt kväveutlakningsrisken.

För fastställande av kväveinnehållet i djururin i samband med gödsling anbefalls bestämning av ammoniumkvävehalten (Steineck et al., 1991). Då det som framgått av försöken vid Dingle-skolan och Norrgårda kan förekomma fall, där urinkvävet ofullständigt omvandlats till $\text{NH}_4\text{-N}$, förefaller det vara bättre att i gödslingsrådgivningen utgå från humanurinens totalkväveinnehåll. Detta framgår av beräkningar av kväveutnyttjandegraden på basis av $\text{NH}_4\text{-N}$ istället för total-N i urinen, de senare redovisade i tabell 7a och b. Samma uringivor, med $\text{NH}_4\text{-N}$ -mängder varierande från 30 till 120 kg per ha, skulle i försöken vid Norrgårda ha givit kväveutnyttjandegrader på 168-135 % i havren och 143-130 % i höstvetet med avseende på ammoniumkvävet. Uppenbarligen måste en betydande del av det kväve som ej förelåg i ammoniumform också ha utnyttjats.

De ovan redovisade resultaten härrör som framgått från ett enda års försök. Därför behövs ytterligare studier för belysande av bl.a. årsmånseffekter och olika gödslingsstrategier vid användning av humanurin i jordbruket.

SUMMARY

In four field experiments with winter wheat and five with oats, performed in 1996 on organic farms in south and central Sweden, the effect of human urine on grain yields, crude protein in the kernel, nitrogen efficiency and risks of nitrogen leaching were investigated. Human urine was applied in increasing amounts (corresponding to 0, 30, 60, 90 and 120 kg of total N per ha in the urine) in growing crops: in stage DC 30-31 in the winter wheat and stage DC 24 in the oats.

The application was carried out with a technique simulating band spreading on the soil surface, with placement of the urine in every second seed row interspace. The human urine contained, on average, 2.7 kg total N, 2.0 kg $\text{NH}_4\text{-N}$, ca. 0.3 kg P and 0.8 kg K per ton. The concentration of total N varied from 0.9 to 3.7 kg per ton, depending on the residential area from which the urine originated. In addition to the nitrogen, the contents of P and K, as well as other plant nutrients, may have affected the yields. In this investigation, however, results are only related to the total nitrogen content of the urine. On average, the amounts of plant available soil nitrogen were larger than in conventionally cultivated soils in Sweden with cereals as preceding crops.

Human urine increased yields more in winter wheat than in oats, obviously due to larger yield potentials of the wheat crops. A correct comparison with the yield-increasing effect of commercial mineral nitrogen fertilizers is not possible, however, as no treatments with commercial fertilizer were included in the experimental plan. Nevertheless, comparisons with extensive trial series with winter wheat in conventional farming and less nitrogen-rich preceding crops, with studies of other application methods and times, indicate that the total N in human urine had about 80 % yield-increasing capacity compared with commercial mineral fertilizer nitrogen following application of 30 or 60 kg N/ha, and barely 60 % after addition of 120 kg N/ha. For oats, the corresponding, calculated yield-increasing effects were 50-60 % compared with fertilizer nitrogen.

The efficiency of the urine nitrogen was calculated as the portion of urine N taken up by the crop in relation to the amount of total N applied with the urine. In the winter wheat trials, the efficiency was 75 %, on average, after application of 30 kg N/ha, but decreased to 57 % after addition of 120 kg N/ha. For oats, the nitrogen efficiency decreased in a corresponding way from 56 to 50 %. This is lower than values obtained after application of fertilizer nitrogen in a field experiment with mainly cereal crops and with conventional farming systems (Lindén et al., 1993b).

The lower effect of the urine nitrogen may partly be illusory. A reason may be fertilization in later plant development stages than in the experiments with commercial nitrogen fertilizers. Moreover, the larger supply of plant available nitrogen from the soil and the preceding crops should have contributed to less yield-increasing effects and to lower nitrogen efficiency of the urine. Furthermore, ammonia volatilization after spreading and ammonium fixation in clay minerals cannot be excluded.

In spite of that, other application times and methods, such as urine spreading before sowing spring cereals and subsequent, immediate incorporation into the soil, could improve yield effects and the efficiency of urine nitrogen.

The influence of fertilization with human urine on the amounts of mineral nitrogen in the 0-90 cm soil layer at the end of crop uptake of nitrogen in late summer (sampling at yellow ripeness) and in late October was studied in order to elucidate the effect on the risks of nitrogen leaching during autumn and winter. On average, the amounts of soil mineral nitrogen at the end of N uptake increased only to a very small extent with increasing application of human urine up to levels corresponding to "normal" nitrogen rates (90 and 120 kg N/ha). Where the crop demand for nitrogen obviously was large, due to high yield potentials, the residual amounts of soil mineral nitrogen remained small, even following larger N rates.

Only at an over-optimum supply of soil and fertilizer nitrogen, fertilization with human urine led to increased amounts of unused soil mineral nitrogen, with increasing nitrogen leaching risks as a consequence. Moreover, the combination of a comparatively large supply of plant available soil nitrogen and a low yielding capacity of the crop led to increased amounts of unused nitrogen, also following moderate rates of urine N. The results from the sampling in late October confirm these results.

LITTERATUR

- Albertsson, B. & Bengtsson, P. 1994. Flytgödsel i växande gröda. Jordbruksverket. Jordbruksinformation 3-1994.
- Bergström, L. & Brink, N. 1986. Effects of differentiated applications of fertilizer N on leaching losses and distribution of inorganic N in the soil. *Plant and Soil* 93, 333-345.
- Försök i Väst, 1995. Försöksrapport 1995, 21-22.
- Hansson, A.-C., Pettersson, R. & Paustian, K. 1987. Shoot and root production and nitrogen uptake in barley, with and without nitrogen fertilization. *Z. Acker Pflanzenb.* 158, 163-171.
- Jakobsson, C. & Lindén, B. 1992. Kväveffekter av stallgödsel på lerjordar. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, rapport 190.
- Jansson, S. L., 1966. Vart tar gödselkvävet vägen? *Växtnäringsnytt* 22, 3:1-9.
- Johansson, S. 1997. Urin från bostadsområde testad i fältförsök. Nedmyllning vid sådd ger god spannmålsskörd. *Biologik* nr 2, 1997, 7-10.
- Jordbruksverket, 1996. Ekologisk produktion - Aktionsplan 2000. Rapport 1996:3.

- Jönsson, H. 1997. Urin från tätort till lantbruk. Morgondagens kretslopp - växtnäring åter från stad till land. Konferens den 22-23 oktober 1996 i Uppsala anordnad av Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Jordbrukstekniska institutet och Sveriges lantbruksuniversitet. JTI-rapport Kretslopp & avfall, nr 8, 79-82.
- Jönsson, H., Olsson, A., Stenström, T.-A. & Dalhammar, G. 1996. Källsorterad humanurin i kretslopp - förstudie i tre delar. Rapport 1996-3, VA-forsk.
- Kirchmann, H. & Pettersson, S. 1995. Human urine - chemical composition and fertilizer use efficiency. *Fertilizer Research* 40: 149-154.
- Lindén, B. 1987. Mineralkväve i markprofilen och kvävemineralisering under växtsäsongen. I: Kvävestyrning till stråsäd - dagsläge och framtidsmöjligheter. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, rapport nr 24, 23-46.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Sjøgaard, K. & Kjellerup, V. 1992a. Nitrogen mineralization during the growing season. 1. Contribution to the nitrogen supply of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22, 3-12.
- Lindén, B., Lyngstad, I., Sippola, J., Sjøgaard, K. & Kjellerup, V. 1992b. Nitrogen mineralization during the growing season. 2. Influence of soil organic matter content, and effect on optimum nitrogen fertilization of spring barley. *Swedish J. agric. Res.* 22, 49-60.
- Lindén, B., Gustafson, A., Torstensson, G. & Ekre, E. 1993a. Mineralkvävedynamik och växtnäringsutlakning på en grovmjord i södra Halland med handels- och stallgödslade odlingssystem med och utan fånggröda. *Ekohydrologi* 30. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Lindén, B., Aronsson, H., Gustafson, A. & Torstensson, G. 1993b. Fånggrödor, direktsådd och delad kvävegiva - studier av kväveverkan och utlakning i olika odlingssystem i ett lerjordsförsök i Västergötland. *Ekohydrologi* 33. Avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Mattsson, L. & Kjellquist, T. 1992. Kvävegödsling till höstvetete på gårdar med och utan djurhållning. Avdelningen för växtnäringslära, Sveriges lantbruksuniversitet, rapport 189.
- Naturvårdsverket, 1996. Vad innehåller avlopp från hushåll? Näring och metaller i urin och fekalier samt i disk-, tvätt-, bad- och duschvatten. Naturvårdsverkets rapport 4425.
- Pettersson, O. 1992. Kretslopp i odling och samhälle. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 408. Mark-Växter. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Rodhe, L. 1996. Urin från djur till gröda. Teknik för lantbruket, nr 53. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.

Rodhe, L. & Johansson, S. 1996. Urin - spridningsteknik, ammoniakavgång och växtnäringsutnyttjande. JTI-rapport, Lantbruk & Industri, nr 217. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.

Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson, J. 1991. Stallgödsel. Speciella skrifter 43, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.

Sundberg, K. 1995. Näringsinnehåll m.m. i urin och fekalier. En litteraturstudie. I: Vad innehåller avlopp från hushåll? Naturvårdsverkets rapport 4425.

PERSONLIGA MEDDELANDEN

Agronom Bertil Albertsson, Jordbruksverket, Box 224, 532 23 Skara

Universitetslektor Håkan Jönsson, Institutionen för lantbruksteknik, SLU, Box 7033, 750 07 Uppsala.

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

Forsknings- och försöksresultat från institutionen publiceras i två rapportserier, som främst riktar sig till svenska och nordiska läsare:

Serie A Husdjursproduktion

Serie B Mark och växter

Rapporterna kan beställas från institutionen, se nedan. Förteckning över samtliga publikationer i båda serierna erhålles kostnadsfritt.

Research results from the Department of Agricultural Research Skara are published in two report series:

Series A Animal Production

Series B Crops and Soils

The reports are available at the department and can be ordered from there, see below. A list of all publications in both series can be obtained free of charge.

Distribution:

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för jordbruksvetenskap Skara

Box 234

532 23 Skara

Tel. 0511-670 00, fax 0511-67134, e-post: Lena.Ljunggren@jvsk.slu.se

Internet: <http://www.jvsk.slu.se>

Pris: 50:- (exkl. moms)

Price: 50:-SEK(excl.V.A.T.)