

# Jordanalyser for vurdering av tilgjengelig nitrogen

Av A. Øien

*Statens Jordundersøkelse – Ås-NLH*

## **Innledning**

Tilgjengelig nitrogen er definert som nitrogenforbindelser i rotsonen som lett kan absorberes av planterøttene (Scarsbrook, 1965). Hittil har ikke jordanalysemetoder for tilgjengelig N vært brukt så meget fordi det er flere faktorer som influerer sterkt på tilgjengeligheten, f.eks. fuktighet, temperatur, utvasking og innholdet av uorganisk nitrogen i undergrunnsjorda. Prøvetakingen bør derfor også omfatte undergrunnsjord og en prøvedybde på 0–60 cm er anbefalt. Dette gjør innsamling av prøver for nitrogenanalysene mer komplisert. Et annet forhold er at nitratinnholdet bør bestemmes så raskt som mulig. Under lagring av prøver, selv de som er lufttørket, skjer det en økning av nitratinnholdet på litt lengre sikt. Lagring av prøver i fryseboks og lagring av ekstrakter i kjøleskap forhindrer økning av nitratinnholdet.

Det har vært gjort mange forsøk på å komme fram til laboratoriemetoder som kan gi oss god informasjon om jordas behov for N-gjødsling, også i de nordiske land. Men det har vært vanskelig. Allikevel er interessen stor for bruk av analyser for vurdering av tilgjengelig nitrogen, både for å bedre kvaliteten av planteproduktene og motvirke legde og forurensninger av nitrat i grunnvann og vassdrag.

Inkubasjonsmetoder har vist seg å være meget pålitelige for karforsøk (Bærug et al. 1973). Disse metodene er imidlertid tidkrevende og også forholdsvis arbeidskrevende.

Ellers har det vært liten utvikling av de kjemiske metodene de siste tyve årene. Forskerne har for det meste utnyttet modifikasjoner av tidligere metoder. En unntakelse er Jenkinson (1968) som bestemmer innholdet av «glykose» (polysakkarider). Dette hadde god sammenheng med biomassen i jord og med N-mineraliseringer. Det skal også nevnes at organiske anionbyttere plassert i små poser av nylonnetting, har vært brukt til ekstrahering av tilgjengelig N (Binkley & Matson 1983), og resultatene har vært lovende. Men disse metodene egner seg kanskje ikke for rutineanalyser. De kjemiske jordanalysemetodene som har gitt de beste resultatene, er de som omfatter både uorganisk N i jorda, og det som frigjøres forholdsvis lett fra humusstoffene. I noen tilfeller, f.eks. i aride områder kan innholdet av nitrat-N være et godt mål for mengden av tilgjengelig N.

Flere forskere har funnet ut at en oppnår bedre sammenheng ved bruk av en multipel korrelasjon for uorganisk nitrogen og en parameter som er et mål for innholdet av N i det organiske materialet i jorda som kan frigjøres i løpet av vekstsesongen. Det kan f.eks. være det nitrogen som frigjøres ved inkubasjon eller Kjeldahl-N (Smith 1965, Standford & Legg 1968).

Med hensyn til de kjemiske metodene har interessen vært størst for de som utnytter hydrolyse av det organiske materialet i jorda for frigjøring av nitrogen og da blir det utført analyser av enten total-

innholdet av nitrogen (Keeney & Bremner 1966, Bronner & Bachler 1978) eller  $\text{NH}_4\text{-N} + \text{NO}_3\text{-N}$  i ekstraktet (Øien & Selmer-Olsen 1980, Whitehead 1981). Gode korrelasjoner mellom analysetall, relative avlinger og N-innhold i plantene er oppnådd ved karforsøk, også i Norge (Selmer-Olsen et al. 1981).

### Markforsøk med korn i Sør-Norge

I 1981–1984 ble det på forskjellige felter på Østlandet og Sørlandet utført N-forsøk med stigende mengder N-gjødsling til korn som tilsvarende henholdsvis ingen N-gjødsling ( $\text{N}_0$ ), 6 kg N/dekar ( $\text{N}_1$ ), 8 kg ( $\text{N}_2$ ), 10 kg ( $\text{N}_3$ ), 12 kg ( $\text{N}_4$ ), 14 kg ( $\text{N}_5$ ) og 16 kg N/dekar ( $\text{N}_6$ ). Testplantene omfattet både havre, bygg og hvete.

Fra forsøksfeltene ble det tatt ut jordprøver i sjiktet 0–20 cm. Det er ønskelig med jordprøver ned til en dybde med 0–60 cm. Men det ville være interessant å undersøke om det er sammenheng med avlingsstørrelser og N-opptak når prøvene tas i sjiktet 0–20 cm som svarer til matjordsjiktet. Jordprøvene ble analysert etter en metode beskrevet av Øien og Selmer-Olsen (1980). Den går ut på å oppvarme jord med 2M KCl i forholdet 1:10 i 20 timer ved 80°C for å hydrolysere det organiske materialet. Innholdet av  $\text{NH}_4\text{-N}$  og  $\text{NO}_3\text{-N}$  i jordekstraktet ble analysert og bestemt både som mg N/100 g jord og mg N/100 ml jord (i naturlig tilstand).

Relative kornavlinger ble bestemt som avlinger av  $\text{N}_0$ -ruter i % av avlinger fra  $\text{N}_3$ -ruter. På grunnlag av kjemiske analyser av kornet ble N-opptak i kornavlingene beregnet som relativt N-opptak, dvs. at opptaket for  $\text{N}_0$ -ruter er gitt som % av opptaket fra  $\text{N}_3$ -ruter ( $y_2$ ). N-opptak i korn fra  $\text{N}_0$ -rutene er gitt som kg N/dekar ( $y_3$ ). Analysetallene for  $\text{N}_0$ -rutene er gitt som mg N/100 ml ( $x$ ). Det er en

sammenstilling av de forskjellige data i tabell 1.

Ut fra disse data er det foretatt korrelasjonsberegninger for lineære regresjoner, se tabell 2 og fig. 1. Når det gjelder jordanalysetall refererer de til jordprøver fra  $\text{N}_0$ -ruter.

For årene 1981 og 1982 er det signifikante korrelasjoner, men ikke for 1983, og grunnen til det kan være at været var meget unormalt. Tidlig i vekstsesongen, i mai, var det usedvanlig meget nedbør, mens det i juni og særlig i juli og august var meget lite nedbør. For 1984 ble det utført bare 13 markforsøk og antallet er vel kanskje litt lite til å beregne korrelasjoner. I 1982 var det data fra så mange forsøk at det var mulig å skille mellom sandjord + silt og leirjord.

### Forandring i analysetallene fra år til år

Dersom analysetallene skal brukes i veiledningstjenesten er det av stor interesse å undersøke hvordan de kan variere fra år til år. I tabell 3 er det gitt analysetall fra 10 markforsøk hvor det foreligger tall fra alle 4 år. Resultatene viser at analysetallene forandrer seg lite, se tabell 3.

### Konklusjoner

Korrelasjonsberegningene viser at relative avlinger har gitt bedre sammenheng med analysetall enn relative N-opptak. Det er for årene 1981 og 1982 at det er oppnådd signifikante korrelasjoner. En har grunn til å anta at de dårlige korrelasjonskoeffisienter for 1983 skyldes at det tidlig om våren var stor nedbør, mens det i juli og august var forholdsvis meget lite nedbør. Da kan andre faktorer enn jordas nitrogen tilstand før såing ha spilt en større rolle for planteveksten. I 1984 var antallet av markforsøk nokså begrenset og heller ikke alle analysedata forelå.

Tabell 1. N-markførsøk 1981-1984

Nr.	Jord- type	Analysetall			Relativ kornavling, %			N-opptak i korn, kg N/da						Relativt N-opptak, %					
		1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1981		1982		1983		1981	1982	1983	1984	
		mg N/100 ml				N <sub>0</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>3</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>3</sub>
1	Sand	1.8	1.7	1.7	55.0	55.1	68.5	56.5	2.69	5.92	2.99	6.93	3.38	6.44	45.1	43.1	52.5		
2	Sand	3.1	4.1	2.9	77.4	64.5	47.5		4.60	6.67	3.66	8.19	2.71	7.56	69.0	44.7	35.8		
3	Leire	3.6	3.2	3.5	76.8	65.8	47.5		6.64	8.35	4.34	7.63	4.10	6.01	79.5	56.9	68.2		
4	Leire	3.1	3.6	3.1	79.6	51.5	54.6	43.7	7.90	11.21	4.52	10.03	2.31	4.38	70.5	45.1	52.7		
5	Sand	2.8	2.4	3.2	46.6	45.2	44.6	38.3	3.65	8.17	3.89	9.04	4.00	8.97	44.7	43.0	44.6		
6	Sand	3.6	3.0		40.7	45.5			4.20	10.18	3.91	8.23			41.3	47.5			
7	Sand	2.2	2.0	2.1	23.2	40.6	38.7	32.1	1.18	4.94	1.61	4.30	2.15	8.30	23.9	37.4	25.9		
8	Silt	3.1	2.5	2.1	31.8	37.8	40.6				2.46	7.03	3.29	8.37	35.0	39.3			
9	Leire	3.6			81.3					3.36	5.20				64.6				
10	Leire	2.8	2.6		32.2	25.2	90.6		1.34	4.56	1.36	5.21	4.56	5.52	29.4	26.1	82.6		
11	Sand	3.8	4.1		45.5	45.3			3.50	8.04	3.38	8.17			43.5	41.4			
12	Sand	3.0	3.4	3.4	32.7	45.0	44.8	30.7	2.47	7.39	2.78	7.90	2.46	6.47	33.4	35.2	38.0		
13	Sand	3.2	3.3	3.4	50.0	51.0			2.40	4.94	3.15	6.92			48.6	45.5			
14	Leire	2.8	2.2		76.9	53.4	64.3	51.7	4.46	7.76	2.98	8.48	3.99	8.14	60.2	35.1	49.0		
15	Sand	3.4	3.3	3.3	16.4					1.21	6.35								
16	Leire	2.4	2.4		54.6	38.5	46.8		3.86	6.89	2.13	6.02	2.44	5.52	56.0	35.4	44.2		
17	Leire	2.8	2.5	2.5	77.1	50.9	45.4		4.57	7.27	3.60	9.47	4.97	11.79	62.9	38.0	42.2		
18	Sand	4.4	4.6	4.0	56.9	38.9	65.1		3.04	6.13	3.98	8.26			49.6	48.2			
19	Sand	4.4	5.5	5.3	60.2	60.0			2.98	7.75					38.5				
20	Sand	2.7			52.0	54.3			2.01	4.28	3.32	6.11			47.0	54.3			
21	Leire	3.2	4.0		67.1	62.1			5.05	9.26	2.92	5.87			54.5	49.7			
22	Leire	3.5	3.3	3.0	81.9	47.0	42.2		7.62	9.57	4.54	10.04	3.74	8.49	79.6	45.2	44.1		
23	Sand	3.4	2.4	2.7	57.3	37.6	52.8		3.24	7.33	2.51	8.28	1.90	4.78	41.8	39.7			
24	Sand	3.1	3.0	2.7	41.8	31.0	33.4		2.04	5.14	2.01	5.89			44.2	30.3			
25	Silt	3.1	3.0	2.7	38.9	36.6			3.06	7.93	3.06	7.93	2.69	7.44	39.7	34.1			
26	Leire	3.5	2.2		66.2	55.2	35.1		2.04	5.14	2.01	5.89	4.01	7.10	49.8	49.8	56.5		
27	Leire	2.5	3.1	2.4	38.6	44.0			3.06	7.93	3.06	7.93	2.69	7.44	38.6	36.2			
28	Leire	2.9	3.0		46.7	57.0	26.5		2.68	5.59	3.39	6.12	1.85	7.57	47.9	55.4	24.6		
29	Sand	3.8	3.6	3.2	48.5	41.6	37.0		3.00	6.65	3.55	10.14	2.47	6.82	45.1	35.0	36.2		
30	Sand	2.7	2.8	1.9	46.5	55.6	36.1	41.0	2.85	7.37	4.62	10.45	2.26	5.39	38.7	44.2	41.9		
31	Leire	2.9	3.4	3.2	47.4	40.4			3.55	6.56	2.50	7.00			54.1	35.7			
32	Sand	3.7	2.9	2.3	59.1	53.5	54.0						2.53	4.87					
33	Leire	3.9	2.3	3.4															
34	Leire	3.9	2.3	3.4															

Tabell 2. Korrelasjonsberegninger

År	Jordart	Antall forsøk	Regresjoner					
			$x-y_1$	$r$	$x-y_2$	$r$	$x-y_3$	$r$
1981	Alle jordtyper	23	$y_1 = 12.62x + 12.95$	0.40*	$y_2 = 12.68x + 9.95$	0.47*	$y_3 = 1.28x - 0.29$	0.41*
»	Sand + silt	13	$y_1 = 12.34x + 14.50$	0.43	$y_2 = 11.14x + 13.84$	0.49		
1982	Alle jordtyper	32	$y_1 = 8.54x + 22.70$	0.47**	$y_2 = 4.20x + 28.68$	0.33	$y_3 = 0.66 + 1.11$	0.54**
»	Leire	14	$y_1 = 17.30x - 5.14$	0.64*	$y_2 = 16.19x - 4.36$	0.61*	$y_3 = 1.53x - 1.47$	0.70**
»	Sand + silt	18	$y_1 = 5.64x + 31.78$	0.49*	$y_2 = 1.80x + 35.95$	0.24		
1983	Alle jordtyper	20	$y_1 = 1.52x + 43.28$	0.09	$y_2 = 3.28x + 35.73$	0.25	$y_3 = 0.28x - 2.23$	0.25
»	Sand	14	$y_1 = 1.12x + 43.83$	0.06	$y_2 = 2.88x + 33.56$	0.20		
1984	Alle jordtyper	13	$y_1 = 5.31x + 28.62$	0.45				

$x$  = analysetall fra  $N_0$ -ruter, mg N/100 ml

$y_1$  = relativ avling i %

$y_2$  = relativt N-opptak i %

$y_3$  = opptatt N i korn fra  $N_0$ -ruter som kg N/dekar

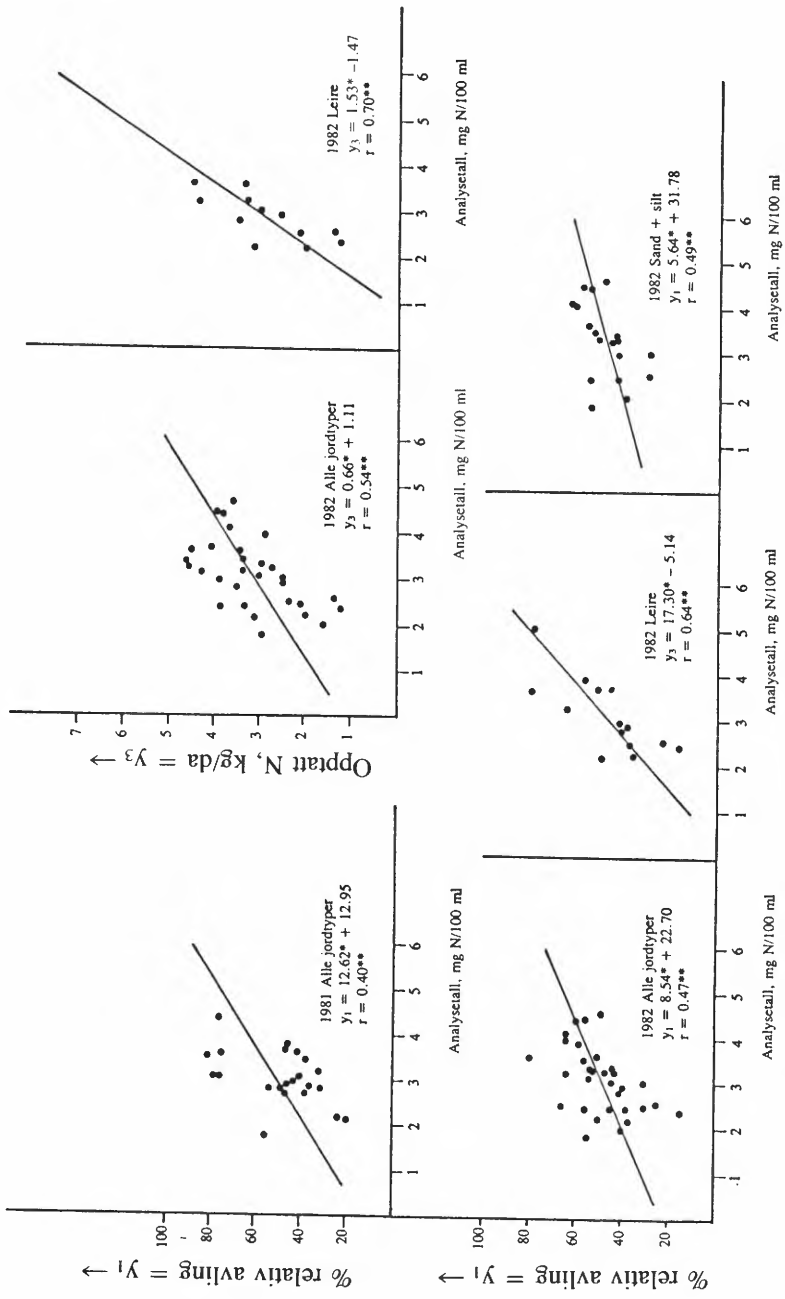


Fig. 1. Regresjoner mellom relative avlinger og analysestall for  $N_0$ -ruter

Tabell 3. Analysetall for årene 1981–1984

Nr.	NH <sub>4</sub> -N + NO <sub>3</sub> -N, gitt som mg N/100 ml jord				NH <sub>4</sub> -N, gitt som mg N/100 g jord			
	1981	1982	1983	1984	1981	1982	1983	1984
1	1.8	1.8	1.7	1.7	1.06	1.05	0.87	0.92
4	3.1	3.6	3.1	3.0	2.18	2.21	1.78	1.96
5	2.8	2.4	3.2	2.4	2.00	2.08	1.85	1.71
7	2.2	2.0	2.1	2.1	1.40	1.24	1.40	1.43
8	3.1	2.5	2.1	2.6	1.70	1.90	1.30	1.51
13	3.2	3.3	3.4	3.5	2.30	1.95	1.85	2.02
15	3.4	3.3	3.3	3.5	2.14	2.13	1.85	2.03
25	3.4	2.4	2.7	2.4	1.68	1.51	1.40	1.46
26	3.1	3.0	2.7	2.6	2.47	2.55	1.70	1.73
32	2.9	3.4	3.2	3.4	2.00	2.02	1.75	1.86

For 1982 var det data for de fleste antall markforsøk, og da var det også mulig å skille mellom jordtypene sand + silt og leire med henholdsvis 18 og 14 forsøk. Det ser her ut til at leirjord gir bedre korrelasjoner enn sand + silt. Grunnen kan være at det i leirjord er mindre sjanse for utvasking.

Det er en mangel ved disse undersøkelsene at variasjonsbredden i analysetall er for liten. Moldinnholdet overstiger ikke 12%, og tidligere undersøkelser (ikke publisert) ved vårt institutt, har vist at ved større moldinnhold er det lite eller ingen utslag for nitrogen gjødsling. Når det til tross for liten variasjonsbredde, allikevel er signifikante korrelasjoner indikerer dette at analysetall for matjordsjiktet kan være en nyttig informasjon.

Innholdet av NO<sub>3</sub>-N i jordekstraktet tilsvarende det lettoppløselige. Dette kan imidlertid lett forandre seg som følge av naturlige forhold, f.eks. utvasking, men også at det kan forandre seg ved lagring, selv etter at jorda er lufttørket. Derfor bør

analyseringen skje så raskt som mulig eller jordprøvene bør oppbevares i en dypfryser inntil analyseringen kan foregå. Innholdet av NH<sub>4</sub>-N i jordekstraktet, etter hydrolysering med 2 M KCl, derimot, er en parameter som ser ut til å være temmelig konstant (Selmer-Olsen et al. 1981) og uavhengig av lagringsmåte.

Dersom analysetallene skal kunne brukes i rettleidingstjenesten, er det viktig at de ikke varierer altfor meget fra år til år. Til tross for at NO<sub>3</sub>-N-innholdet kan variere betraktelig, viser analyseresultatene for summen av NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N etter hydrolysering at variasjonen over 4 år for disse er ganske konstante, og det virker lovende.

Grunnlaget for denne publikasjonen er data fra langvarige og omfattende markforsøk med nitrogen. Til lederen for disse forsøk, forsker Hans Stabbetorp, og hans stab er det grunn til å rette en varm anerkjennelse for at verdifull informasjon er blitt tilgjengelig.

## LITTERATUR

- Binkley, D. & P. Matson, 1983. Ion exchange resin bag method for assessing forest soil nitrogen availability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47, 1050–1052.
- Bronner, H. & W. Bachler. 1978. Der hydrolysiertbare Stickstoff als Hilfsmittel für die Schätzung des Stickstoffnachlieferungsvermögens von zuckerübenböden. *Landwirtsch. Forsch.* 32, 255–261.
- Bærug et al. 1973. Studies on soil nitrogen. An evaluation of laboratory methods for available nitrogen in soils from arable and ley-arable rotations. *Acta Agric. Scand.* 23, 173–181.
- Jenkinson, D. S. 1968. Chemical tests for potentially available nitrogen in soil. *J. Sci. Food Agric.*, 19, 160–168.
- Keeney, D. P. & J. M. Bremner. 1966. A chemical index of soil nitrogen availability. *Nature* 211, 892–893.
- Scarsbrook, C. E. 1965. Nitrogen availability. *Agronomy* 10, 481–502.
- Selmer-Olsen, A. R., A. Øien, R. Bærug & I. Lyngstad. 1981. Evaluation of a KCl-hydrolyzing method for available nitrogen in soil by pot experiment. *Acta Agric. Scand.* 31, 251–255.
- Smith, J. A. 1965. An evaluation of nitrogen test methods for Ontario soils. *Can. J. Soil Sci.* 46, 185–194.
- Stanford, G. & J. O. Legg. 1968. Correlation of soil N availability indexes with N uptake by plants. *Soil Sci.* 105, 320–326.
- Whitehead, D. C. 1981. An improved chemical extraction method for predicting the supply of available soil nitrogen. *J. Sci. Agric.* 32, 359–365.
- Øien, A. & A. R. Selmer-Olsen. 1980. A laboratory method for evaluation of available nitrogen in soil. *Acta Agric. Scand.* 30, 149–156.