

## Flyveaske til frugttræer

O. Vang-Petersen

### Resumé

Forsøg med kul- eller flyveaske, der er et affaldsprodukt fra kulfyrede elværker, er gennemført over 2 år i kar og mark til frugttræer. Flyveasken, der tilførtes i en mængde af 1000 kg og 4000 kg pr. ha, viste ingen effekt på vækst og udbytte. Indhold i plantemateriale af en række sjældne grundstoffer ændredes ikke ved tilførsel af flyveaske i et sådant omfang, at det kunne påvises med den anvendte analysemetode.

**Nøgleord:** Flyveaske, æble.

### Indledning

På kulfyrede elværker fremkommer som forbrændingsaffald store mængder kul- eller flyveaske. For 1972 anføres en totalmængde på 42 mill. ton (Plank *et al.* 1975) og i 1974 anføres den danske affaldsmængde til ca. 300.000 ton (Buck 1974). De store mængder og de dermed forbundne problemer med bortskaffelse har givet inspiration til at søge affaldet afsat til jordbruget som tilsattemiddel til jorden. Der er påvist 63 grundstoffer, alle i så lave koncentrationer, at det ikke kan betegnes som gødningsmiddel. Disse postuleres afbalanceret i forhold til hinanden gennem den for kullene initiale planteveksts næringsstofoptagelse (Buck 1974). Intensionerne går således i retning af at bibringe planterne et alsidigt mineralindhold af hensyn til den animalske og humane ernæring.

Kulaske er ikke et veldefineret produkt med hensyn til indhold af næringsstoffer. Allerede det, at kul brydes mange forskellige steder, hvor den initiale plantevækst har haft forskellige vækst- og ernæringsforhold, indicerer at indholdet i asken vil variere. Sammenholdes danske analyser på asken (Buck 1974) med andre kilder (Furr *et al.* 1976, Plank *et al.* 1975, Rees and Sidrak 1956) bekræftes denne variation. For makronæringsstoffer er variationen bekræftet af danske analyser (Olesen 1975, 1976) som det ses i tabel 1.

Som absolut nødvendige grundstoffer i vækstmediet for højere planter regnes med ca. 15 næringsstoffer (Levitt 1969). Over for disse stoffer har planterne en tolerance med hensyn til tilstedeværelse, der spænder fra et givet minimum (>0) til toksiske koncentrationer. Over for alle

Tabel 1. Indhold af P, K og Mg i flyveaske 1974-75<sup>1)</sup>

	pct. syreopløseligt indhold					
	15 prøver 1974			16 prøver 1975		
	P	K	Mg	P	K	Mg
Højeste indhold .....	0,18	0,52	2,58	0,12	0,57	2,30
Laveste indhold .....	0,07	0,20	1,05	0,06	0,24	0,58

<sup>1)</sup> Olesen 1974 og 1975.

Øvrige grundstoffer spænder tolerancen fra 0 til toksiske koncentrationer. Det er ofte påvist, at ændring af koncentration i vækstmediet af blot et enkelt næringsstof medfører et ændret optagemønster for flere næringsstoffer som følge af antagonismer, synergismer m.m. At en given plantepopulation ud af et tilfældigt sammensat vækstmedie kan optage en afbalanceret næringsstofmængde, der tilfredsstiller andre typer af plantepopulationer er på baggrund af de store variationsmuligheder usandsynligt, specielt med hensyn til de grundstoffer, hvis tilstedeværelse ikke er nødvendig for plantevæksten.

### Materialer og metoder

Karforsøg med æblegrundstammer blev anlagt efter planen

1.1 Ingen flyveaske	2.1 ½ N*
1.2 Flyveaske 1000 kg ha <sup>-1</sup>	2.2 1 N
1.3 Flyveaske 4000 kg ha <sup>-1</sup>	2.3 2 N

\*) ½ N = 2 mæqv. N l<sup>-1</sup> vandingsvand

med 3 stk. MM 104 og 1 stk. MM 111 i hvert kar. Der anvendes 15 l drænedes plastikspande og en jordblanding af syreudvasket strandsand og peralite. Tilsat flyveaske, doseret efter rumfang af vækstmedie blev indblandet i dette før ifyldning. Pr. kombination anvendtes 5 fk., ialt 45 kar. Næringsstoffiltørsel skete gennem vandingsvand\*). Forinden opstart blev alle kombinationer 1.1 og 1.2 justeret med K, Mg, Mn og B til samme kvantum som tilført med flyveaske i kombinationerne 1.3.

Analysen er udført på Blangstedgaard (Vang-Petersen et al. 1973).

Markforsøg blev anlagt i æblesorten 'Cox's Orange' plantet februar 1973 på 5 × 2 m efter planen:

1. Ingen flyveaske
2. Flyveaske 1000 kg ha<sup>-1</sup> tilført forår
3. Flyveaske 4000 kg ha<sup>-1</sup> 1974

med 4 træer parcel<sup>-1</sup> (20 m<sup>2</sup>) med 2 værnetræer mellem parcellerne. Flyveasken blev arbejdet i jorden ved fræsning af parcellerne. Jordbehandling i forsøget har været barkultur (kemisk renholdt), og grundgødskning er udført på grundlag af blad- og jordprøver. Der anvendes flyveaske af samme parti, som i ovennævnte karforsøg og også her udførtes justering for K, Mg, Mn og B til samme mængde som tilført flyveaske til led 3. Prøver af blad- og grenmateriale og af frugt er analyseret hos fa. Agrinalka A/S på atom-emissions spektrofotometer.

### Resultater

Den anvendte flyveaske havde et tørstofindhold på 85,3 pct., K-indhold på 0,17 pct., P-indhold på 0,21 pct., Mg-indhold på 1,65 pct., Mn-indhold på 0,15 pct. og et B-indhold på 135 ppm. Analyseret efter forskrifter for jordprøver viste flyveasken et Rt på 11,3, Kt 55,8 og Ft på 70,4.

Skudtilvækst for træer i kar er vist i tabel 2 samlet for 1974-75. Der ses en stærk reaktion for de anvendte kvælstofniveauer, men ingen reaktion for flyveaske eller vekselvirkning mellem flyveaske og kvælstof.

Tilsvarende viser tabel 3, at tilvækstens størrelse er afhængig af kvælstofniveau, men uden sammenhæng med flyveaske eller vekselvirkning

Tabel 2. Samlet skudtilvækst. cm kar<sup>-1</sup>, 1974-75

	½ N	1 N	2 N	Gns.	Sign.
0 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....				1057	
1000 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....		n.s.		1090	
4000 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....				1099	
Gns. ....	667	1017	1562		***
Sig. ....				n.s.	

n.s. = ikke signifikant; P (99,9) = \*\*\*

Tabel 3. Tilvækst i grene og rod. g kar<sup>-1</sup>, ialt 1974-75

	½ N	1 N	2 N	Gns.	Sign.
0 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....				437	
1000 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....		n.s.		391	
4000 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....				410	
Gns. ....	170	382	686		***
Sign. ....				n.s.	

mellem flyveaske og kvælstof. I perioder med tørke og dermed kraftig fordampning har træerne vist jernmangellignende kloroser på bladene helt uafhængig af forsøgsbehandlingen.

Resultater af markforsøget er vist i tabel 4. En eventuel gunstig effekt af overfladetilført flyveaske skulle især kunne påvises af helt unge træer, der har hovedparten af rødderne i de øvre jordlag. Der er intet udslag på frugtantal eller frugtudbytte.

Fra begge forsøg er udtaget materialeprøver af blade, grene og frugter til analyse. Materialet blev i henhold til aftale indsendt til Agrinalka A/S. Det derfra afgivne analyseresultat unddrager sig en egentlig tolkning, idet de enkelte prøver kun er anført som identificerbare i relation til en række stoffer, der formenes at stamme fra flyveaske (tabel 5 og 6). Det drejer sig om stoffer som Beryllium, Scandium, Vanadium, Gallium, Germanium, Selen, Kryptn, Rubidium, Yttrium, Zirconium, Niobium, Ruthenium, Palladium, Indium, Tellur, Xenon, Gæsium, Lamarium, Cerium, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Ytterbium, Tantal, Hafnium, Rhenium, Osmium, Iridium og Vismuth.

Blandt 108 analyseprøver var 36 fra parceller/kar uden tilførsel af flyveaske. 19 af disse anførtes at indeholde ovennævnte stoffer, hvoraf 2 endog med ekstra højt indhold. De anførte grundstoffer Krypton og Xenon er inaktive luftarter, hvis tilstedeværelse/ikke tilstedeværelse vanskeligt ses at have nogen sammenhæng med tilførsel af flyveaske. Resultatet af analyseringen viser, at der ikke med det foreliggende udstyr (atom-emissionspektrofotometer) og den af Agrinalka A/S anvendte teknik/ekspertise med sikkerhed har kunnet påvises ændringer i træer, blade og frugter i relation til tilførsel af indtil 4000 kg flyveaske pr. ha.

#### Diskussion og konklusion

Rees og Sidrak (1956), Plank et al. (1975) m.fl. har udført dyrkningsforsøg med flyveaske. Det primære sigte har været at fastslå, hvor store mængder, der kunne anvendes, uden skade på kulturplanterne og i hvilke mængder, der kunne påvises en positiv effekt på plantevæksten. Plank et al. (1975) konkluderer, at der til majs (*Zea Mays L*) kan tilføres indtil 288 t/ha ialt uden uheldig indflydelse på plantevæksten eller med en meget be-

Tabel 4. Antal og kg frugt pr. træ i markforsøg 1975 og 1976

	1975		1976	
	Antal	kg	Antal	kg
0 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....	35	4,7	333	26,0
1000 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....	18	3,0	322	25,1
4000 kg flyveaske ha <sup>-1</sup> .....	23	3,6	326	27,2
Sign. ....	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tabel 5. Resultat af analyse for karakteristiske grundstoffer i flyveaske. Karforsøg

Tilført flyveaske kg ha <sup>-1</sup>	Antal prøver analyseret	Blade og grenmateriale*)		
		Negative prøver	Positive prøver	Ekstra positive prøver
0	21	11	10	0
1000	21	6	14	1
4000	21	5	13	3

\*) Analyser udført af Agrinalka A/S.

skeden positiv effekt. *Rees og Sidrak* (1956) fandt ved iblanding af flyveaske til pottejord, at byg og spinat optog for planterne toksiske mængder af aluminium og mangan, og at især byg havde en lille tolerance over for tilsætning af flyveaske, før negative effekter fremkom. På ren flyveaske var det muligt at etablere en god plantebestand af spyd-melde (*Atriplex hastata* v. *deltoidea*), når der blev tilført NPK-gødning. *Rees og Skelding* (1953) har med held kunnet etablere græsbevoksning på flyveaske ved at lægge et lag (3–12 inch.) af kloakslam over denne. I danske forsøg med indtil 10 tons flyveaske pr. ha (*Olesen* 1976) til korn, roer og kartofler er der ikke påvist positiv effekt, og i bederoer er der påvist lavere manganindhold, medens indhold af Cu, Zn, Co, Pb, Cd, Ni og Cr ikke er påvirket af tilførsel. *Furr et al.* (1976) fandt ved tilførsel af 100 t acre<sup>-1</sup> i potteforsøg et øget indhold af bl.a. B, Ca, Fe, Hg, Mo, Ni, Db og Se i en række grønsager.

Når der i nærværende undersøgelser ikke er fundet udslag på vækst og udbytte ved tilførsel af indtil 4000 kg pr. ha til frugttræer er det helt i overensstemmelse med hidtidige resultater fra andre afgrøder. De gennemførte analyser på materiale fra forsøgene viser i den foreliggende form, at det ikke har været muligt at identificere materiale fra behandlede træer, hvilket må tolkes således, at de med flyveasken tilførte grundstoffer ikke er optaget i målelige mængder.

Samme analysemåde og konklusion er beskrevet af *Olesen* (1977).

Det konkluderes, at flyveasken kan tilføres til æbletræer med indtil 4000 kg pr. ha uden påviselige positive eller negative effekter på vækst og udbytte og uden påviselig ændring i indhold i blade, grene og frugter af en række grundstoffer tilført gennem flyveasken.

Tabel 6. Resultat af analyse for karakteristiske grundstoffer i flyveaske. Markforsøg

Tilført flyveaske kg ha <sup>-1</sup>	Antal prøver analyseret	Blade og frugter*)		
		Negative prøver	Positive prøver	Ekstra positive prøver
0	15	6	7	2
1000	15	6	7	2
4000	15	3	10	2

\*) Analyser udført af Agrinalka A/S.

## Litteratur

- Buck (1974). Kulaske som jordforbedringsmiddel. *Effektivt Landbrug* 5 : 8.
- Furr, A. Keith, W. C. Kelly, C. A. Bache, W. H. Gutenmann and Donald I. Lisk (1976). Multielement uptake by vegetables and millet grown in pots on fly ash amended soil. *J. Agric. Food Chem.* 24 : 885-888.
- Levitt, Jacob (1969). Introduction to plant physiology. C. V. Mosby Comp., Saint Louis.
- Olesen, Johs. (1975). Planteavlsarbejdet i landbo- og husmandsforeninger 1974. *Andelsbogtrykkeriet i Odense*.
- Olesen, Johs. (1976). Planteavlsarbejdet i landbo- og husmandsforeninger 1975. *Andelsbogtrykkeriet i Odense*.
- Olesen, Johs. (1977). Planteavlsarbejdet i landbo- og husmandsforeninger 1976. *Andelsbogtrykkeriet i Odense*.
- Plank, C. O., D. C. Martens and D. L. Hallock (1975). Effect of soil application of fly ash on chemical composition and yield of corn (*Zea Mays L.*) and on chemical composition of displaced soil solutions. *Plant and Soil* 42: 465-476.
- Rees, W. L. and A. D. Skelding (1953). Grass establishment on power station waste. *Agriculture* 59 : 586-589.
- Rees, W. L. and G. H. Sidrak (1956). Plant nutrition of fly ash. *Plant and Soil* 8 : 141-157.
- Vang-Petersen, O., E. Poulsen og P. Hansen (1973). The nutritional state of Danish orchards as shown by leaf analysis. I. Apples. 1963-66. *Tidsskrift for Planteavl* 77 : 37-47.

Manuskriptet modtaget den 25. juni 1977