

Undersøgelser over Luftens Sammensætning i forskellige Roe-Opbevaringsrum.

Ved Harald R. Christensen.

108. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Det i denne Beretning omtalte Arbejde er forestaaet af Forsøgsleder *L. Helweg*, Professor, Dr. phil. *F. Kølpin Ravn* og Laboratoriebestyrer *Harald R. Christensen* og gennemført med velvillig Bistand fra forskellig Side (herom nærmere i Teksten).

Materialet er bearbejdet og Beretningen udarbejdet af Laboratoriebestyrer *Harald R. Christensen*.

Bestyrerne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Med det Formaal at skaffe Bidrag til Belysning af Roernes Stofskifte under Opbevaringen blev der i Tilknytning til de i 83. Beretning refererede Opbevaringsforsøg¹⁾ foretaget en Del Undersøgelser over Luftens Indhold af Kulsyre og Ilt samt dens Fugtighedsgrad i de forskellige Opbevaringsrum.

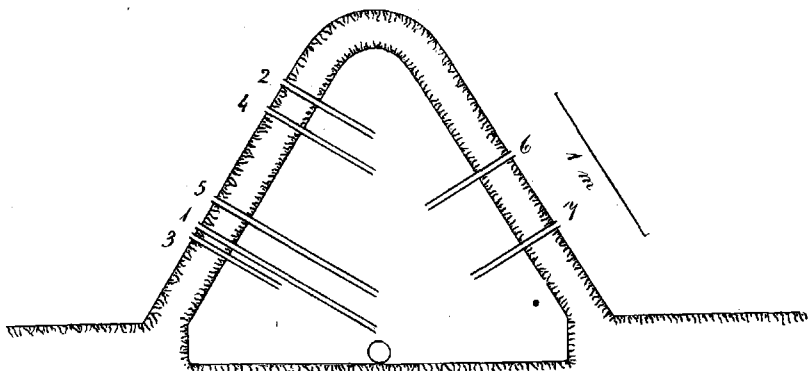
Da Undersøgelser af denne Art, saa vidt bekendt, ikke hidtil var foretagne, blev det først og fremmest Opgaven at udarbejde en Metodik for et saadant Arbejde.

1. Undersøgelser vedrørende Fremgangsmaaden til Bestemmelse af Luftens Sammensætning i en Roekule.

Ved Velvilje fra Professor *T. Westermanns* Side blev der i Slutningen af Oktober 1907 paa Landbohøjskolens Undervisnings-

¹⁾ Tidsskrift for Planteavl, 21. Bind, Side 618 og følg.

mark opsat en Roekule, der kunde afgive Materiale til disse Undersøgelser. Til Kulen anvendtes baade Runkelroer, Kaalroer og Turnips, flest dog af de første. Paa forskellige Steder i Roekulen anbragtes under Opsætningen Jernrør (se nærmere nedenstaaende Figur), der alle ragede et lille Stykke uden for Kulen. Rørene var forneden gennemborede med flere Huller, for at den omgivende Luft hurtig kunde trænge ind i dem.



Snit af Roekulen paa Landbohøjskolens Mark.

Roerne dækkedes til med Jord. — Arbejdet ved Nedkulingen og Roernes Anbringelse forestodes af daværende Assistent ved Landbohøjskolen *L. P. M. Larsen*.

Den ved Udtagningen af Luftprøver fra Kulen benyttede Fremgangsmaade er i det væsentlige angivet af Professor, Dr. phil. *August Krogh*, der i sin Virksomhed ved Universitetets fysiologiske Laboratorium har haft Lejlighed til at beskæftige sig meget med Luftanalyse. Professor *Krogh* har endvidere ladet udføre et Luftanalyse-Apparat særlig egnet for dette Formaal, ligesom han var nærværende ved den første Prøveudtagning. Professor *Kroghs* Medhjælp ved hele dette Arbejde har saaledes været af stor Betydning for Udarbejdelsen af en hensigtsmæssig Metodik.

Udtagningen af Luftprøver, der foretoges i Forbindelse med Fugtighedsmaalingen, foregik paa følgende Maade:

Paa Jorden ved Siden af Kulen anbragtes en almindelig Øltønde, forsynet med Afløbshane og fyldt med Vand. I Spunshullet anbragtes en gennemboret Gummiprop, hvori var stukket et Glasrør. I det af Kulens Jærnrør, fra hvilket Prøve-

udtagningen skulde foregaa, anbragtes ligeledes en gennemboret og med Glasrør forsynet Gummiprop. Begge disse Glasrør blev nu forbundne med en Gummislang, paa Midten af hvilken der var indskudt et T Rør, hvis frie Ende forbandtes med en Kautschuk-Luftpumpe. Denne stod ved en Slange i Forbindelse med et Glas-Kapillarrør, der endte i en Udvidelse, lidt mindre end Flaskehalsens Lysning, og gennem dette Rør pressedes Luften ud i Analyse-Flasken. — Der sugedes nu Luft ud af Kulen ved at aabne for Tøndens Afløbshane. Idet Vandet strømmer ud, fører den Luften med sig, og der gaar derfor stadig en Luftstrøm fra Kulen, gennem Jærnrøret og Slangen og over i Tønden. Efter at Vandudstrømningen havde varet i ca. 2 Minutter, efter hvilken Tid man maatte antage, at Kuleluften ganske havde fortrængt den atmosfæriske Luft inde i Slangen, pumper man, ved Tryk paa Kautschukbolden, den i Røret strømmende Luft gennem det foran nævnte Kapillarrør over i en lille Medicinflaske (ca. 30 cm³ Rumfang). Her fordriver den indpumpede Luft den Luft, der i Forvejen var til Stede i Flasken, og efter $\frac{1}{2}$ —1 Minuts Forløb kan man gaa ud fra, at denne er ganske fortrængt. Flasken proppedes derpaa saa hurtigt som muligt til med en paraffineret Korkprop og forsynedes med Nr. og Mærke. Fællesprøverne udtoges med ca. 2 Minutters Mellemrum.

Det næste Arbejde foregaa i Laboratoriet. Ved Hjælp af selve Analyseapparatet afmaales nøjagtig 10 cm³ af den foreliggende Luftprøve. Den afmaalte Luftmængde drives derefter ved Hjælp af Kviksølv over i et Absorptionsapparat med Kalilud, hvor den befries for sit Indhold af Kulsyre. Herefter udøver Luften et mindre Tryk paa Apparatets Kviksølvsøjle end før. Trykformindskelsen er et direkte Udtryk for Kulsyremængden, og Apparatet er saaledes indrettet, at man direkte kan aflæse Procentindholdet af Kulsyre. — Paa tilsvarende Maade gaar man frem ved Bestemmelsen af Ilt. Luften befries for Ilt ved at føres over i et Absorptionsapparat, indeholdende en Opløsning af Pyrogallussyre og Kalihydrat. — Analysearbejdet er udført af Assistent ved Landbohøjskolens agrikulturkemiske Laboratorium, cand. polyt. *C. F. Ludwigsen*.

Der udtoges Luftprøver den 7. Marts og 1. April 1908. Materialet fra den første Prøveudtagning gik dog for største Delen tabt, dels paa Grund af manglende Øvelse i Analyse-

apparatets Brug, og dels fordi dette i den første Tid ikke var helt i Orden. Fællesbestemmelsernes Resultater blev som Følge heraf lidet overensstemmende. Ved 2. Prøveudtagning var disse Vanskeligheder fjærnede. Resultaterne af Analyse-
ringen af de herfra stammende Luftprøver findes meddelte i Tabel 1.

Tabel 1. Luftens Sammensætning i Roekulen paa Landbo-
højskolens Mark.

Rør Nr.	Glas Nr.	pCt. Kulsyre	pCt. Ilt	Sum (Kulsyre + Ilt) pCt.
1	17	1.0	20.0	21.0
	36	1.0	19.9	20.9
	21	1.0	19.9	20.9
2	41	1.2	19.6	20.8
	26	1.2	19.7	20.9
	28	1.2	19.7	20.9
3	18	1.4	19.8	21.2
	19	1.4	19.8	21.2
4	30	2.0	18.9	20.9
	33	2.1	19.8	21.9
5	27	1.7	19.2	20.9
	38	1.8	19.1	20.9
	14	1.8	19.2	21.0
	34	1.8	19.1	20.9
	15	1.9	19.0	20.9

Det fremgaar af Tabellen, at der er god Overensstemmelse med Hensyn til de fra samme Rør udtagne Fællesprøvers Sammensætning, og der kan derfor næppe være Tvivl om, at de udtagne Luftprøver har haft samme Sammensætning, som Luften i Kulen paa det Sted, Røret gaar ud, og den anvendte Arbejdsmetodes Paalidelighed maatte saaledes siges at være godtgjort.

Fugtighedsgraden maalttes ved Hjælp af et fugtigt og et tørt Maksimums-Termometer, anbragte oven over hinanden

paa en Træstang¹⁾ Termometrene sænkedes ned i Jærnrørene, og der sugedes Luft saa længe op omkring Termometrene, til der opnaaedes konstante Resultater. Da Forskellen mellem Kule-Luftens og den omgivende Lufts Temperatur ofte kan være særdeles betydelig, er det for Opnaaelsen af sikre Aflesninger nødvendigt at anvende Maksimums-Termometre ved disse Bestemmelser. — I Forskellen mellem det fugtige og tørre Termometers Temperatur har man som bekendt et Udtryk for Luftens Fugtighedsgrad.

2. Undersøgelser over Luftens Sammensætning i Roebeholdninger, opbevarede paa forskellig Maade.

I Henhold til de Erfaringer, der var indvundne ved de foran beskrevne, orienterende Undersøgelser, udarbejdedes der følgende Vejledning for Udtagning af Luftprøver og Bestemmelse af Kule-Luftens Fugtighed.

Efter at være kommet ud til Roekulen befugter man det vaade Termometer ved med Fingrene at stænke lidt Vand paa den Kviksølvbeholderen omgivende Gaze.

Derefter slaar man Luftblærerne ned ved med Kraft at svinge Termometerstangen op og ned i samme Plan. (Man undgaar saa vidt muligt at ryste eller støde Termometrene). Termometrene maa slaas ned til en Temperaturgrad, der ligger under den, der er fundet ved Temperaturmaalingen i Kulen.

Termometerstangen sænkes nu saa langt, den kan komme, ned i Røret i Kulen og forbliver her, medens Luftprøverne udtages.

Herefter paabegyndes Udtagningen af Luftprøverne. Tøndens Spunsaabning og Rørmundingen forbindes med Slangen, og man iagttager nøje, at Gummipropperne i de to Aabninger slutter ganske lufttæt.

Der lukkes nu op for Tøndens Udløbshane. — Ved at Vandet strømmer ud, gaar der en stadig Luftstrøm fra Kulen gennem Slangen over i Tønden. — Inden Luftprøverne opsamles, maa Vandet med jævn stærk Kraft have strømmet ud i mindst 2 Minutter, for at man kan være sikker paa, at den i Røret og Slangerne værende Luft er ganske fortrængt af Kuleluften. Man trykker i denne Tid stadig paa Kautschukholden for ogsaa at uddrive den i Pumpen værende Luft.

Man er nu færdig til at udtage den første Luftprøve. — Glaskapillarrøret, der staar i Forbindelse med Kautschukpumpen, føres ned i den Glasflaske, der skal optage Luftprøven; man trykker stadig paa Kautschukholden

¹⁾ Ved de senere Undersøgelser anvendtes en Messingstang i Stedet for Træstangen, hvorved der opnaaedes en hurtigere Udligning af Forskelligheder med Hensyn til Stativets og Omgivelsernes Temperatur.

(af hvilken Luften aldrig helt maa være gaaet ud, da den omgivende Luft saa trænger ind) og lader Luften strømme ned i Flasken mindst 1 Minut. — Røret fjernes nu langsomt fra Flasken, og saa hurtigt som muligt lukkes denne med en paraffineret Korkprop, som man under Luftaafyldningen har holdt parat i Nærheden af Flaskemundingen. — Det maa iagttages, at Korkproppen sidder godt fast, og man opnaar bedst dette ved at dreje den lidt frem og tilbage i Flaskehalsen. Paa den anden Side maa Proppen dog heller ikke sættes saa fast i, at der bliver nogen Vanskelighed ved atter at fjerne den. — Naar den første Prøve er udtaget, lader man Vandet strømme ud endnu ca. $\frac{1}{2}$ Minut og udtager derefter paa samme Maade som foran omtalt Luftprøve Nr. 2. (Der udtages altid mindst 2 Fællesprøver).

Naar Prøveudtagningen fra Røret er endt, tages Termometerstangen op, og man aflæser saavel det vaade som det tørre Termometers Temperatur. — Termometerstangen sænkes nu atter ned i Røret, der lukkes igen op for Tøndens Udløbshane, og efter at der paany er strømmet Luft 3—4 Minutter op omkring Termometrene, aflæses disse atter. — Hvis Temperaturen nu er den samme som før, gaar man over til det næste Rør, i modsat Fald gentages Behandlingen, indtil der er opnaaet konstante Resultater.

Termometrene bør efter endt Brug opbevares paa et køligt Sted, og det er vigtigt at iagttage, at man under Brugen undgaar at berøre Termometrene, og særlig da disses Kviksølvbeholdere, og at man kun fatter om den øverste Del af Metalstangen.

Efter denne Fremgangsmaade blev der i Vintrene 1908—09 og 1909—10 henholdsvis i Janderup og Studsgaard udtaget Luftprøver ca. en Gang i hver Maaned fra de forskellige Roekuler. Ved Studsgaard indskrænkede man sig dog for den væsentligste Del til en Sammenligning mellem et uventileret Laderum og en uventileret, tagformet Kule. — Foruden disse, her nævnte Undersøgelser blev der i Janderup og Studsgaard udtaget og undersøgt enkelte Luftprøver henholdsvis i Aarene 1909—10 og 1910—11. Da Antallet af disse Prøver kun var ringe og Resultaterne temmelig nøje stemte overens med de tidligere, er disse ikke medtagne i den i Tabel 3 foretagne Opgørelse af Hovedresultaterne. I et Par Tilfælde er der kun udtaget Luftprøver fra et enkelt af Opbevaringsrummene, og Resultaterne af Analyserne af disse Luftprøver er heller ikke medtagne ved Opgørelsen af Undersøgelsens Hovedresultater (Tabel 3).

Fugtighedsmaalingerne fandt sædvanlig Sted samtidig med Udtagningen af Luftprøverne. Enkelte Dage var Luftens Temperatur uden for Roekulerne højere end inde i disse, og i saadanne Tilfælde lod Fugtighedsbestemmelse ved Hjælp af Maksimums-Termometrene sig naturligvis ikke gennemføre.

Tabel 2. Undersøgelse over Kule-Luftens Sammensætning under forskellige Opbevaringsforhold.

Dato for Prøvenes Udtagning	Opbevarings- rum	Rør Nr.	pCt. Kulsyre i Luften	Dato for Prøvenes Udtagning	Opbevarings- rum	Rør Nr.	pCt. Kulsyre i Luften	
Forsøgene i Janderup.								
17/11 1908	Storkule, ventileret	1	0.00	18/12 1908	Storkule, ventileret	3	0.10	
		2	0.20			4	0.25	
		3	0.20			5	0.40	
		4	0.25			6	0.15	
		5	0.15		Storkule, uventileret	9	0.30	
		6	0.25			11	0.30	
	Storkule, uventileret	7	0.15	5/1 1909	Rum i en Lade, ventil.	15	0.10	
		8	0.13					
		9	0.13		Storkule, uventileret	9	0.25	
		10	0.13		11	0.20		
	Rum i en Lade, ventileret	12	0.13		Rum i en Lade, ventil.	15	0.30	
		13	0.13					
		14	0.25			Rum i en Lade, uventil.	19	0.15
		15	0.25				21	0.20
		16	0.05					
		Rum i en Lade, uventileret	17	0.00	21/5 1909	Storkule, ventileret	4	0.15
	18		0.23	5			0.20	
	19		0.23	6			0.25	
	20		0.40	Storkule, uventileret		10	0.20	
	21		0.10			11	0.20	
Rum i en Lade, uventileret	15		0.00	Rum i en Lade, ventil.		16	0.10	
	16	0.10	20			0.20		
	20	0.20	Rum i en Lade, uventil.			21	0.00	
	21	0.00						
	27/11 1908	Storkule, ventileret	2	0.25		1/3 1909	Storkule, ventileret	5
3			0.30	6	0.05			
4			0.25	Storkule, uventileret	11		0.13	
5			0.25		Rum i en Lade, ventil.		16	0.23
6			0.25	Rum i en Lade, uventil.		21	0.05	
8			0.25					
Storkule, uventileret		9	0.30	2/12 1909	Storkule, uventileret	2	0.00	
		10	0.23			3	0.20	
		11	0.25		Rum i en Lade, uventil.	7	0.20	
		13	0.30			10	0.20	
Rum i en Lade, ventileret		14	0.18	10/2 1910	Storkule, uventileret	4	0.20	
		15	0.25			5	0.40	
		16	0.30		Rum i en Lade, uventil.	9	0.15	
		18	0.25			10	0.20	
Rum i en Lade, uventileret		19	0.15					
		20	0.30					

Tabel 2 (fortsat).

Dato for Prøvenes Udtagning	Opbevarings- rum	Rør Nr.	pCt. Kulsyre i Luften	Dato for Prøvenes Udtagning	Opbevarings- rum	Rør Nr.	pCt. Kulsyre i Luften
Forsøgene ved Studsgaard.							
22/11 1909	Roekule, uventileret	1	0.3	16/3 1910	Roehus, uventileret	5	0.45
		3	0.0			6	0.35
		4	0.0	14/4 1910	Roehus, uventileret	6	0.25
		6	0.2				
15/12 1909	Roehus, uventileret	2	0.2	15/11 1910	Roehus, uventileret	3	0.0
		3	0.0				
		4	0.5				
	Tagformet Kule, uventil.	17	0.4		Tagformet Kule, uventil.	14	0.4
15/1 1910	Roehus, uventileret	3	0.0	14/12 1910	Roehus, uventileret	3	0.4
		4	0.2				
		6	0.2			9	0.0
	Tagformet Kule, uventil.	16	0.2				
15/3 1910	Roehus, uventileret	6	1.65	Januar 1911	Roehus, uventileret	4	0.0
		4	1.30			5	0.0
	Tagformet Kule, uventil.	16	0.5		Tagformet Kule, uventil.	16	0.2
		17	0.6				

Saa vel ved Udtagningen af Luftprøver som ved Fugtighedsmaalingerne anvendtes de samme Rør, som benyttedes ved de almindelige Temperaturmaalinge.

Allerede ved de første Prøveudtagninger fremgik det, at der ikke var nogen sikker paaviselig Forskel med Hensyn til Luftens Sammensætning i de forskellige Opbevaringsrum, og ved de senere Prøveudtagninger indskrænkedes Antallet af udtagne Luftprøver derfor meget betydeligt.

Analysering af begge de indsendte Fællesprøver fandt kun regelmæssigt Sted i Materialet fra de første to Prøveudtagninger (Janderup 1908), idet det viste sig, at Afvigelser mellem disse Fællesbestemmelseres Resultater i saa godt som alle Tilfælde laa inden for Undersøgelsens Fejlgrænser. I alt er der undersøgt 148 Luftprøver.

Resultaterne af de enkelte Luftanalyser er meddelte i Tabel 2. I denne er dog kun opført Resultaterne af de foretagne

Kulsyrebestemmelser, idet Resultaterne af Iltbestemmelserne, der jo i øvrigt ved denne Undersøgelse maa anses for at være af forholdsvis mindre Interesse, i flere Tilfælde var temmelig uensartede og uforklarlige. Offentliggørelsen af disse maa derfor udskydes, indtil der er bleven Lejlighed til at kontrollere dem ved supplerende Undersøgelser.

I Tabel 3 er der givet en Oversigt over Hovedresultaterne af de i Aarene 1908—09 (Janderup) og 1909—10 (Studsgaard) foretagne Luftanalyser og Bestemmelser af Fugtighedsgraden.

Tabel 3. Oversigt over Hovedresultaterne af Undersøgelserne over Kule-Luftens Sammensætning under forskellige Opbevaringsforhold.

Opbevaringsmaade	pCt. Kulsyre i Luften	Luftens Fugtighed	
		Det vaade Termometers Temperatur	Det tørre Termometers Temperatur
Forsøgene i Janderup.			
Storkule, ventileret	0.19	3.68	3.80
Storkule, uventileret	0.23	4.46	4.26
Rum i en Lade, ventileret	0.20	3.85	3.86
Rum i en Lade, uventileret . . .	0.15	5.66	5.42
Forsøgene ved Studsgaard.			
Roehus, uventileret	0.61	5.83	5.37
Tagformet Kule, uventileret . . .	0.38	4.13	4.10

Som det fremgaar af disse Tabeller, har de forskellige prøvede Opbevaringsmaader ikke foranlediget tydelig udtalte Forskelligheder med Hensyn til Luftens Indhold af Kulsyre og Fugtighed.

Indholdet af Kulsyre er i næsten alle Tilfælde særdeles lavt — gennemgaaende betydeligt lavere end ved Undersøgelsen af Roekulen paa Landbohøjskolens Mark — og kan næppe tænkes at udøve nogen som helst hæmmende Indflydelse paa Roernes Livsvirksomhed under Opbevaringen. — Den eneste større Afvigelse fra dette lave Kulsyreindhold fremkom ved Undersøgelsen af de i Februar 1910 ved Studsgaard udtagne Luftprøver. Kulsyreindholdet i Luften fra det uventilerede Rum i Laden og fra uventileret, tagformet Kule var henholdsvis

ca. 1.5 og 0.5 pCt. Som Følge heraf er det i Tabel 3 anførte gennemsnitlige Indhold af Kulsyre for Studsgaard-Forsøgenes Vedkommende blevet forholdsvis højt. I de paa de øvrige Tider udtagne Prøver var Kulsyreindholdet ikke højere end for Janderup-Forsøgenes Vedkommende.

Hvad Fugtighedsbestemmelserne angaar, viser det sig, at det fugtige og tørre Termometer i saa at sige alle Tilfælde udviser tilnærmelsesvis samme Varmegrad, hvoraf det altsaa fremgaar, at Luften i Roebeholdningerne har været tilnærmelsesvis vandmættet. I flere Tilfælde har det fugtige Termometer endog udvist en lidt højere Varmegrad (ca. $\frac{1}{10}^{\circ}$ C.) end det tørre, hvad der formentlig skyldes, at det førstnævnte var anbragt nederst paa Stativet og derfor kom noget længere ned i Roebeholdningen.

Alt i alt fremgaar det af de foreliggende Resultater, at man ikke ved Hjælp af Undersøgelser over Luftens Sammensætning i Roe-Opbevaringsrummene under de her prøvede Opbevaringsforhold har været i Stand til at tilvejebringe væsentlige Oplysninger om disses Indflydelse paa Roernes Stofskifte under Opbevaringen.

Da Kulsyreproduktionen i de paa forskellig Maade opbevarede Roebeholdninger jo — at dømme efter de betydelige Forskelligheder med Hensyn til Tørstofsvindet — maa antages at have været væsentlig forskellig, tør Resultaterne af de foreliggende Luftanalyser vel betragtes som Vidnesbyrd om, at Luften i Roe-Opbevaringsrummene enten ved Diffusion eller paa anden Maade forholdsvis hurtigt blander sig med den omgivende atmosfæriske Luft.
