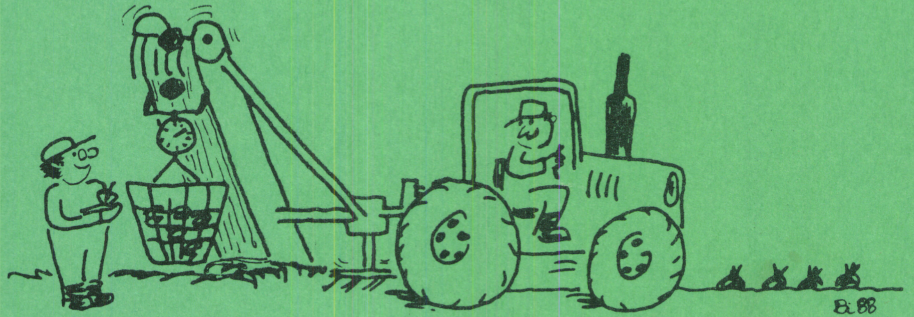
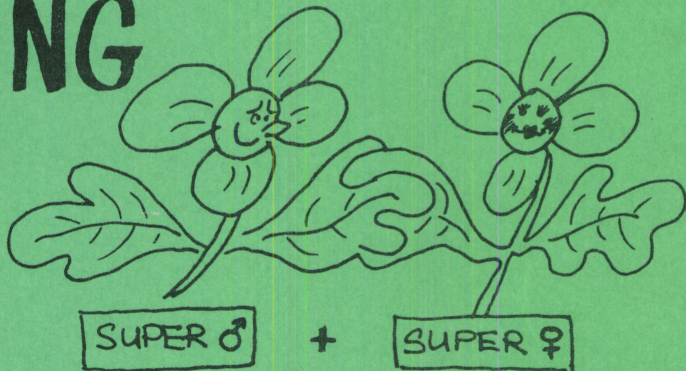


Kurs PK8H og PK9H Plantekultur
Institutt for plantekultur, NLH

FORSØKSTEKNIKK,



FOREDLING



OG

FRØAVL



i RØTVEKSTER



av

Nils Skaland

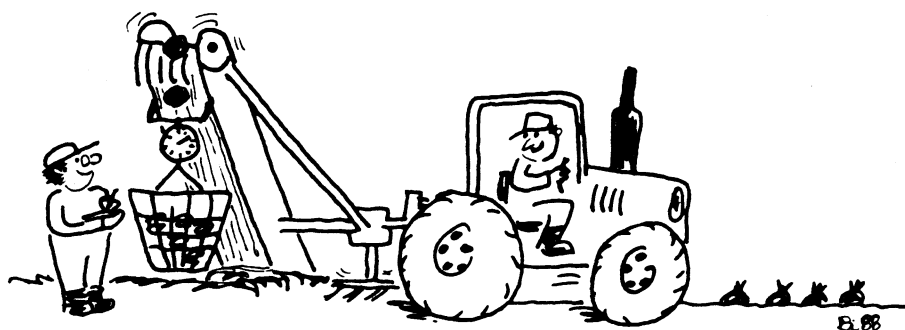
1. utgave 1988

LANDBRUKSBOKHANDELEN

ISBN 82-557-0298-9

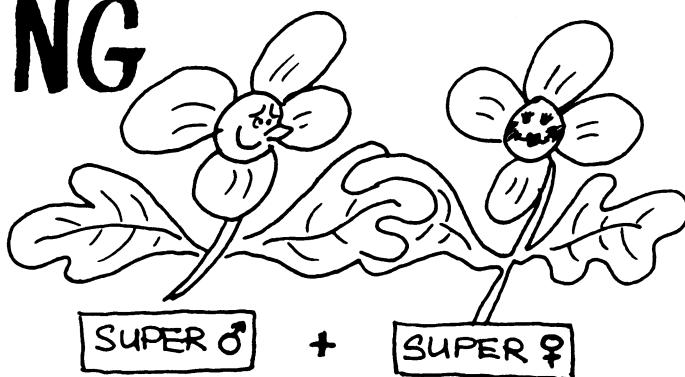
Ås-NLH 1988

FORSØKSTEKNIKK,



FOREDLING

OG



FRØAVL



RØTVEKSTER

av

Nils Skaland

1. utgave 1988

LANDBRUKSBOKHANDELEN

ISBN 82-557-0298-9

Ås-NLH 1988

Innhold

	side
1. FORSØKSTEKNIKK I ROTVEKSTFORSØK	1
.1 Innledning	1
.2 Etablering av plantebestand	1
.3 Ruteavlinger og representative prøver	2
.4 Tørrstoffbestemmelser	4
.5 Tørkemåter og tørketemperaturer	9
.6 Kvalitetsbestemmelser	10
.7 Litteratur	12
2. FOREDLING I ROTVEKSTER	14
.1 Innledning	14
.2 Mål i rotvekstforedlingen	14
.3 Rotvekstenes genetik	15
.4 Foredlingsmetoder og foredlingsteknikk	18
.5 Flolidforedling	20
.6 Nyere teknikk i foredlingsarbeidet	25
.7 Rotvekstforedling i Norge	25
.8 Litteratur	26
3. AVL AV ROTVEKSTFRØ	28
.1 Innledning	28
.2 Elitefrøavl	29
.3 Stamfrøavl	29
.4 Bruksfrøavl	30
.5 Hybridfrøavl	38
.6 Litteratur	40

1. FORSØKSTEKNIKK I ROTVEKSTFORSØK

.1 Innledning

I alt forsøksarbeid gjelder nøyaktighet og objektivitet i arbeidet. Her skal berøres noen forhold i forsøksarbeidet med avkastningsforsøk i rotvekster som er mer eller mindre spesielle, og som er nyttig å være oppmerksom på for den som arbeider med slike. Avkastningsforsøk er vanligvis enten utprøving av sorter eller utprøving av dyrkingsteknikk. Slike utprøvinger kan også være kombinert i ett og samme forsøk. Avkastning gjelder både avlingas størrelse og avlingas kvalitet. Det som tas med her om emnet er ment som et supplement til sommerøvelsene i forsøks-teknikk i PK8H. For informasjon om mer generell forsøksteknikk og forsøksmetodikk vises til andre kilder. Til forsøk som organiseres i serier ved SFL-stasjoner og forsøksringer som t.d. sorts-forsøk, er det utarbeidet spesielle retningslinjer for arbeidet. Disse retningslinjer kan også omfatte forsøksteknikk.

.2 Etablering av plantebestand

At forsøksrutene i startfasen har en jevn plantebestand med ønsket plantetetthet er viktig. Unntak for dette er der etableringsteknikk er med i undersøkelsen. Etter såing kan det forekomme glipp i oppspiringa, eller skadegjørere kan ha ødelagt bestanden. Manglende plantebestand i det som skal bli høsterute, eller i en eventuell grenserad til høsteruta, bør snarest erstattes. Etterplanting med planter av samme utviklingsgrad er det beste. Og det beste er om en kan flytte plantene allerede på frøbladstadiet. I tette bestand flyttes en del av en sammenhengende planterad med en jordklump som er noe dypere enn plantens rotsystem. Flytting seinere, ved 3-4 bladstadiet, vil resultere i at flyttede planter alltid sturer noe, sjøl om de flyttes med jordklump. Hvis det er tørt vær under flyttingen av større planter, kan det være nødvendig å fjerne minst halvparten av bladverket på plantene for å redusere vanntapet. Dyp og fast

planting er nødvendig enten jorda er noe tørr eller den er fuktig.

Tynning til ønsket avstand skal også utføres tidlig, gjerne på frøbladstadiet. Men så tidlig tynning kan være risikabel. Kommer det jordlopper eller andre skadegjørere straks etterpå, er bestanden ekstra sårbar.

Ved sein tynning er det bedre å se litt romslig på planteavstanden enn å flytte planter 8-10 cm for å oppnå "foreskrevne avstander". Det totale plantetallet på ruta bør dog ikke avvike mye ~~for~~ det som er forutsatt.

Plantebestanden må også voktes på i veksttida. I rotvekstfelt er det først og fremst jordlopper som kan ødelegge, men det er også mange andre skadegjørere. I åker på ompløydd eng er særlig åkersniler og larver av stankelbein grådige, men også larver av kålflue og forskjellige nattfly kan totalskade unge planter, -og ikke minst duer der de opptrer.

.3 Ruteavlinger og representative prøver

Nøyaktighet når det gjelder rutestørrelse og rutevekter er en selvfølgelighet. Men like viktig er det at analyseprøver fra ruteavlingene er representative. Små avvik i en liten prøve multipliseres opp og gir store feil for større enheter, gram pr. m² tilsvarer kg pr. dekar.

I rotvekstforsøk veies roeavlinga alltid med mer eller mindre jord på roene. Analyseprøven som skal representere den veide avlinga, må da ha et riktig forhold mellom plantemateriale, jord og annet avfall som inngår i rutevekten. Andelen plantetørrstoff i denne bestemmes så, og det gir igjen grunnlag for beregnet plantetørrstoff pr. arealenhet. Hva et eventuelt jordtap fra prøven kan resultere i, illustreres i de følgende fire rekneeksemplene.

Forutsetningene er:

Høsterute: 10 m²

Rutevekter: Reine blad, 25 kg

Roer m/jord, 100 ", derav 5 kg jord.

Antall roer i prøven: 20 stk.

Eks. 1. Prøven veid straks, 30 kg, derav 1,5 kg jord.

" 2. " " " , 29 " " 0,5 " " (1 kg tapt)

" 3 " " seinere, 29 " " 1,5 " "

" 4. " " " , 28 " " 0,5 " " (1 kg tapt)

Fra prøvene 2 og 4 er det ramlet av 1 kg jord før veiingen, og i prøvene 3 og 4 er roene letnet 1 kg på grunn av vann- og åndings-tap før veiingen. Ved analysetidspunktet har alle letnet likt, 1 kg. Vekten av reine roer er da 27,5 kg. Tørrstoffinnholdet blir bestemt til å være 12,4 % i blad og 12,0 % i roer. En og samme avling, 2,5 t blad og 10 t roer m/jord, gir da de nedenfor viste "beregnete" resultater. Til sammenlikning er ført opp hva en veifeil på 5 % på rutevekten, eller en tilsvarende feil i høstet areal, vil utgjøre:

Analyse prøve	Reine roer kg/daa	%	Tørrstoff kg/daa			%	Plante- tall/ar
			svinn	blad	roer		
1	9170	8,31 ✓	310	1100	1410	22	667
2	9480	5,25	310	1138	1448	21	690
3	9480	5,25	310	1138	1448	21	690
4	9820	1,83	310	1179	1489	20	714
5 % feil	440	-		52	52	-	33

Differansene mellom prøvene 1 og 3 vil i forsøkssammenheng være en systematisk feil. Hvis ikke denne er for stor i forhold til resultattallene, kan arbeidsmetode 3 gi like sikker bestemmelse av sortsvariasjoner som metode 1. Differansene mellom prøvene 1 og 2, og mellom prøvene 3 og 4 er tilfeldige feil, da det i praksis vil være mer og mindre tilfeldig hvor mye jord som er ramlet av prøvene. I forsøk er en ute etter å påvise til dels små forskjeller mellom de undersøkte faktorer, og da gjelder det å unngå slurv i arbeidet som vil øke den tilfeldige feil. Nøyaktig-

het i arbeidet på alle trinn er nødvendig.

% svinn viser tap i råvekter etter vasking. Dette blir brukt som mål på roenes glatthet, etter hvor mye jord som henger med ved høstingen. Forutsetningen er da at representative mengder er med i vaskeprøven. Plantetallet pr ar er beregnet utfra antall roer i analyseprøven.

.4 Tørrstoffbestemmelser

I en tørrstoffbestemmelse inngår flere trinn av prøvetaking. Og på alle trinn er det en viss variasjon i massen. Det er derfor nyttig å vite om og å tenke over hva dette vil innebære i den tilfeldige feil i forsøksresultatene, og hvilke prosedyrer en bør innarbeide for å minske den tilfeldige feil. Jord og annet avfall i analyseprøvene av rotvekstroer er allerede nevnt. Tørrstoffbestemmelsene må utføres på reint plantemateriale. Men selv i reint materiale kan det være stor variasjon i tørrstoffinnhold innenfor prøven. Roestørrelse, utviklingsgrad, vevstype og vekstbetingelser for den enkelte roe i prøven betinger en viss variasjon, og prøven skal da avspeile en tilsvarende variasjon i ruteavlinga og eventuelle samruter som analyseprøven skal representere.

Det er utført svært mange undersøkelser over prøvestørrelse og måter for prøvetaking i ruteavlinga, og over den videre behandling av prøvene med uttak av småprøver i disse (subsampling), tørketemperatur, tørketid etc., BASSØE 1960, NISSEN 1967, HANSEN 1969, OPSAHL 1974). Variasjonene i tørrstoffprosent bestemt etter ulike metoder kan være ganske stor både mellom og innen metoder og parallelle prøver.

Det er sammenheng mellom roestørrelse og tørrstoffinnhold. Dette tilsier at større og mindre roer må være representert i et riktig forhold i prøven (Fig. 1.1). Minimumsantall roer i prøven er derfor noe avhengig av størrelsesvariasjonen, men 15-20 roer ansees som et minimum for å få en god representasjon av ruteavlinga. En måte å sikre representativitet er å ta prøvene fra sammenhengende rad.

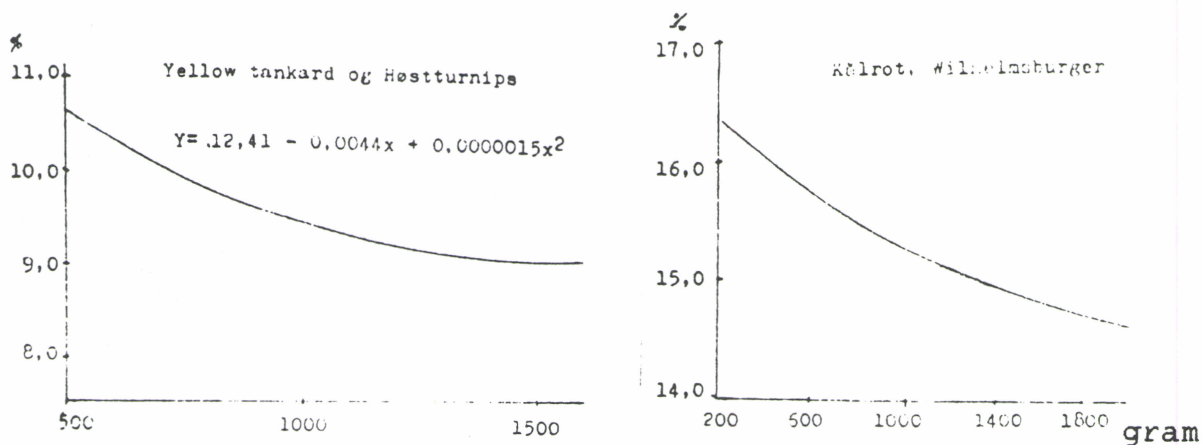


Fig. 1.1. Sammenheng mellom roestørrelse og tørrstoffinnhold i nepe og kålrot. Etter OPSAHL 1974.

At variasjonen i tørrstoffinnhold innen vevstype i den enkelte roe kan være ganske stor, går fram av Fig. 1.2.

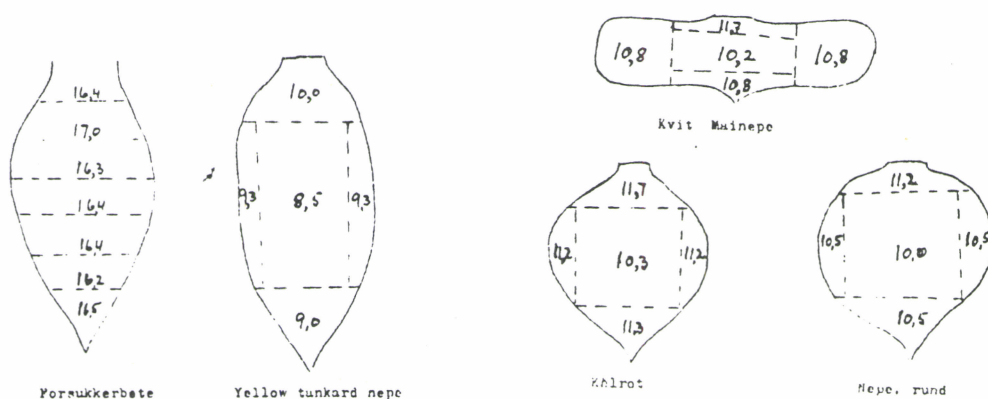


Fig. 1.2. Tørrstoffinnhold i ulike vevsdeler i rotvekstroer. Etter OPSAHL 1974.

Det er utviklet flere metoder for den videre behandling av analyseprøvene med uttak av småprøver og behandlinger av disse. En enkel og vel gjennomprøvet metode for roeprøver som brukes ved Institutt for plantekultur beskrives her. Ved denne ^{metode} føres hele den vaskede prøve ~~inn~~ over en sirkelsag med flere sagblad ^{festet} ~~til~~ spindelen. Bladene skjærer da gjennom alle roene i tilfeldige retninger, og sagmasken samles opp. Denne kalles pulp, og skal nå representere prøven videre. Men også pulpen kan ha ujevn konsistens avhengig av hvordan sagbladene har skåret og deretter slynget plumpen i oppsamlingsbeholderen. Omhyggelig omrøring av pulpen i en mixmaster anbefales før videreuttak av prøver i

denne. Ved Institutt for plantekultur tas videre ut tre parallelle prøver á ca 20 g for tørking i tørkeskap i ca 24 t. ved 80 °C. Fig.1.3 viser skjematisk hele analyseforløpet. Prøvestørrelsen til nedtørring, tørketid og tørketemperatur virker også inn på resultatet, og det er derfor viktig å standardisere disse.

Vanlig metode for tørrstoffbestemmelse i rotvekster.

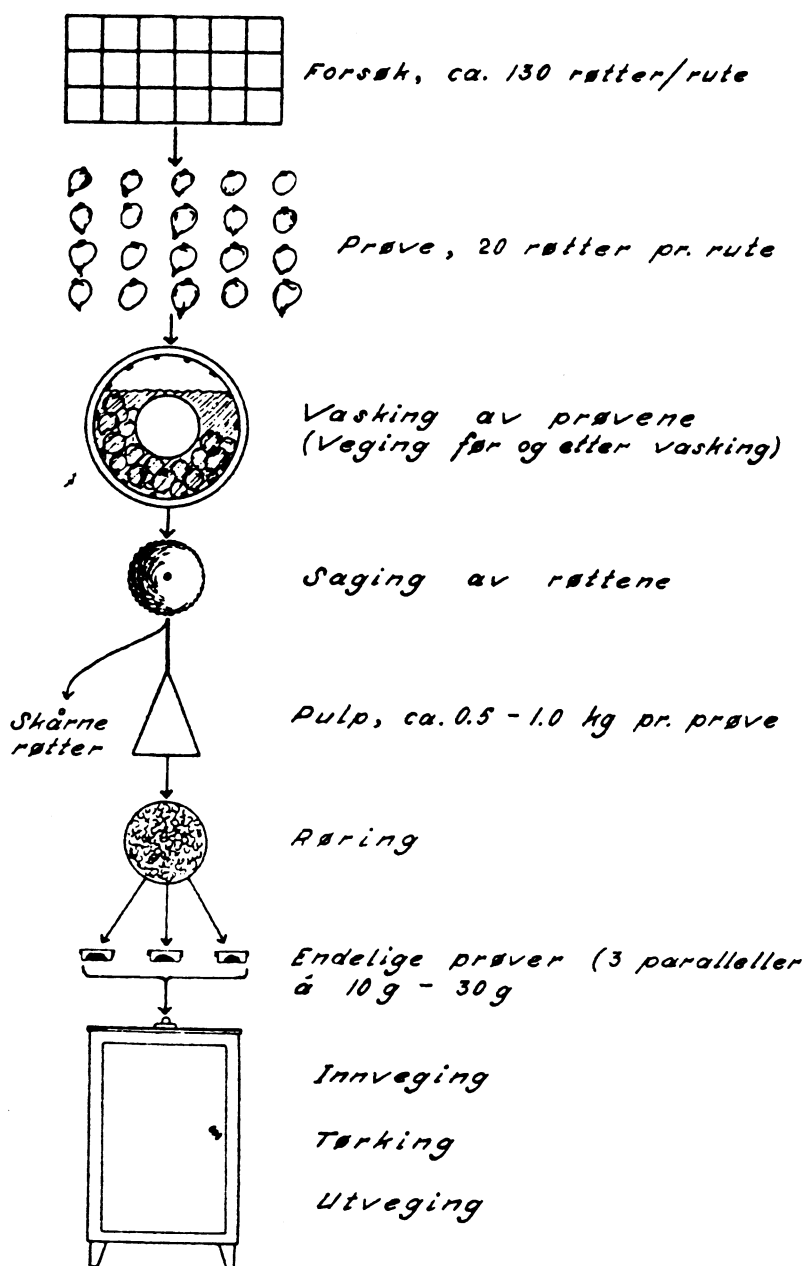


Fig. 1.3. Vanlig metode for bestemmelse av tørrstoff i rotvekst-roer (e.OPSAHL 1974)

Tykkelsen på pulpmassen og hvordan den ligger i tørkeskåla kan også virke inn på det endelige resultatet. Eksempel på størrelsens innvirkning går fram av følgende undersøkelser (etter OPSAHL 1974):

Prøvevekt i gram	8	10	15	20
Tørrstoffprosent	8,56	8,66	8,70	8,74

At det tas tre parallelle prøver av samme masse har i alle fall tre gode begrunnelser.

1. Det kan avdekke en veie- eller skrivefeil.
2. Det kan avdekke feil ved prøver.
3. Det gir jevnere nedtørrking enn om prøven var 3 ganger større.

Følgende eksempel viser feil av kategori 1 og 2. Vektene er angitt i g.

<u>Parallell</u>	<u>Råvekt</u>	<u>Tørrvekt</u>	<u>T %</u>	<u>Kategori</u>
1 a	2112	245	11,60	Korrekt
" b	2012	245	12,17	Feil avlesning
" c	2112	254	12,03	" skrivning
2 a	2200	250	11,36	Korrekt
" b	2200	270	12,27	0,2 g sand i prøven
" c	2200	230	10,45	0,2 g mistet
3 a	1980	227	11,46	Korrekt

Store avvik i resultatet mellom parallellelene ¹⁻³ tyder på feil. Dette gir mulighet til å utelukke den parallellen ¹ som avviker mest fra det sannsynlige, eller det gir grunnlag for korreksjon av resultatet. Om vi tar utgangspunkt i de fire analyseprøvene som er nevnt på side 3, får vi følgende variasjoner i avlinga av roe-tørrstoff om vi tar gjennomsnitt av de tre parallellelene 1, 2 og 3.

Korrekt.	$1a + 2a + 3a = 11,47 \times 9170/100 = 1052 \text{ kg/daa}$
Feil ts.%	$1b + 2a + 3a = 11,66 \times \text{ " " } = 1070 \text{ " "}$
"	$1a + 2c + 3a = 11,14 \times \text{ " " } = 1021 \text{ " "}$
Feil råavling	$11,47 \times 9820/100 = 1126 \text{ " "}$
"	$11,66 \times \text{ " " } = 1145 \text{ " "}$
"	$11,14 \times \text{ " " } = 1094 \text{ " "}$

Disse eksemplene forsterker intrykket av at det gjelder å være påpasselig i alle ledd av arbeidet om en vil avdekke små, reelle variasjoner.

Ikke alle forskingsstasjoner har sirkelsag for å ta ut småprøver i form av pulp. I Danmark er det utviklet en metode for å ta ut småprøver enten ved å bore ut propper av bestemt form og på forskjellige steder i forskjellige retninger i enkeltroer, eller å skjære ut visse segmenter av roene, alt avhengig av roenes størrelse og form. Proppene eller segmentene blir så hakket og deler tas ut for nedtørring. OPSAHL (1974) og BASSØE (1960) har undersøkt denne metode under norske forhold og funnet god sammenheng med metoden som blir brukt ved Institutt for plantekultur. Denne metoden kan være fordelaktig når en er nødt til å sende analyseprøvene lange veger for analysering, men den er svært arbeidskrevende dersom en skal ta propper av et stort antall roer for hver prøve. Fig. 1.4 viser hvordan slike prøver helst bør tas for å være representative.

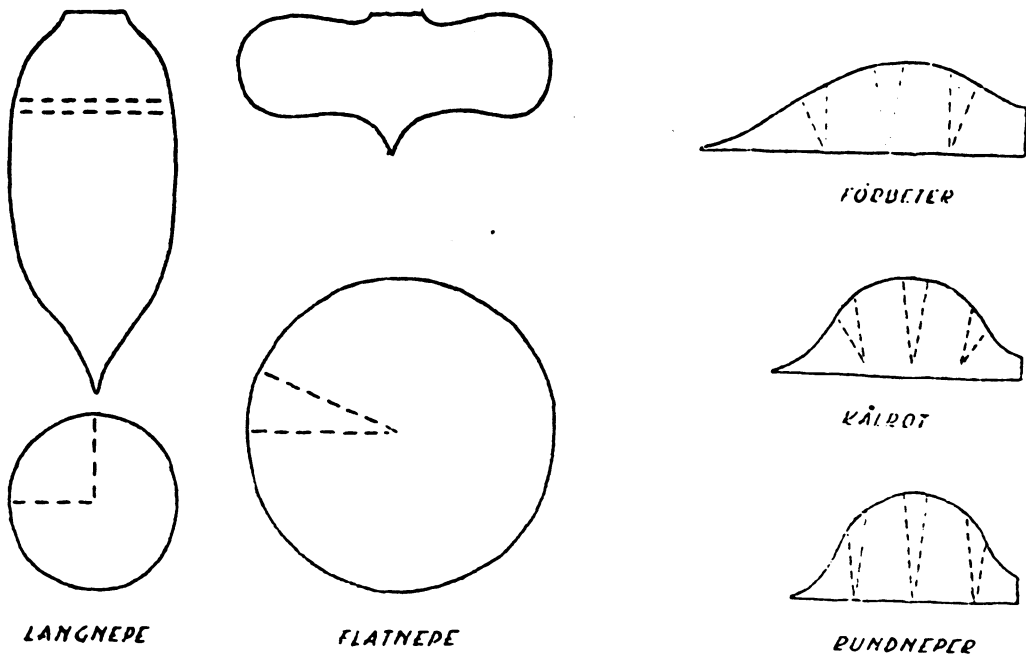


Fig.1.4. Eksempler på gode uttak av propper eller segmenter av enkeltroer for bestemmelse av tørrstoffinnhold. Etter OPSAHL 1974.

.5 Tørkemåter og tørketemperatur

Det kjemiske innhold i roene varierer med art, utviklingsforløp, lagringsforløp og vevstype. Størst er variasjonen i sukkerinnhold og arter av sukker. Hos kålrot og nepe er det meste av sukkeret i form av drue- og invertsukker både i vekstfasen og i lagringsperioden. Hos bete er det vesentlig rørsukker i vekstfasen, men under lagring omdannes dette til drue- og invertsukker (OPSAHL 1974). Monosaccaridene tåler mindre av høy temperatur før de brytes ned, og høye tørketemperaturer (90-110 °C) kan derfor resultere i at bestemmelsene gir lågere tørrstoffprosent enn det egentlige tørrstoffinnhold skulle tilsi. Sukkerarter og proteinstoffer reagerer, og en får en såkalt karamellisering (Maillard-reaksjon). Tørking ved låg temperatur på den annen side resulterer i at plantecellene fortsetter å ånde med økende intensitet i lang tid, og dette resulterer også i tap av tørrstoff. Enkelte laboriemetoder har derfor for bestemmelse av tørrstoff foreskrevet høy temperatur i startfasen for å drepe celleaktiviteten, og deretter en redusert temperatur i det meste av tørkeperioden. Å tørke ned til konstant vekt er heller ikke å

anbefale, da stoff kan brytes ned over lang tid. Flere standardmetoder er foreskrevet for bestemmelse av tørrstoff i rotvekstroer. Å kunne utpeke en bestemt som den mest eksakte ville være ønskelig, men det er egentlig ikke nødvendig. Hovedsaken er at vi erkjenner oss nødvendigheten av å følge en bestemt prosedyre for det materialet som skal sammenliknes, og at vi velger en metode som gir liten variasjon mellom parallellene.

Nedenfor listes opp en del metoder som er brukt ved tørrstoffbestemmelse i rotvekstroer (Litteraturlisten):

Tørking med forsert luft	80 °C i 20-24 timer
" " " "	110 °C i 2 timer, og deretter 80 °C i 18-22 timer.
" " " "	110 °C 1 time, og deretter 65 °C til konstant vekt.
Tørking i vakuum	65 °C i bestemte tider.
" " " "	40 °C " " "

Frysing - tining og tørking

Frysetørking uten tining (vakuum)

Mikrobølgetørking 10-15 min. <75 °C

Toulendestillasjon

Egenvektbestemmelse - pyknometri

Refrasjonsmetoder

Konduktivitetsbestemmelse

NIRR - metoder

.6 Kvalitetsbestemmelser

Kjemiske og andre kvalitetsanalyser må utføres på et materiale som gir resultater som representerer utgangsmaterialet. Forbehandlingen av prøvene må derfor tilpasses de analysemetoder som skal komme seinere. Noen analyser må utføres utelukkende på friskt materiale, noen kan utføres på frosset. Bestemmelse av sukkerinnhold og sukkerarter t.d. kan ikke eksakt bestemmes på materiale som er tørket ved høge temperaturer, mens friskt, frosset eller frysetørket materiale gir omtrent samme resultater.

Karotener t.d. tåler ikke langtidslagring eller tilgang på lys. Malingsgraden av tørkede prøver kan t.d. innvirke på resultater for in vitro fordøyelighet, NIRR-analyser etc. Det kan derfor være nødvendig å konsultere et laboratorium eller andre fagkilder før en legger opp en prosedyre for behandling av prøvene, eller før en bestemmer seg for hva slags analyser som skal utføres på et materiale. Hvordan forskjellige behandlinger kan virke på bestemmelsen av kjemisk innhold viser undersøkelser av SALO et al. 1970 (Tab. 1.1 og 1.2) og egne (Tab. 1.3).

Tab. 1.1. Kjemisk innhold i kålrot (SALO et al. 1970).

<u>Tørkem metode</u>	<u>% av tørrstoff</u>			
	<u>Sukker</u>	<u>Lignin</u>	<u>Protein</u>	<u>Trevler</u>
Vakuu 40 °C	55,0	0,5	9,2	12,1
Skap 100° 1 time + 50°	55,3	0,6	9,3	12,2
" 65° til tørt	51,6	0,6	9,1	12,0
" 100° " "	36,4	0,8	9,0	14,3
" 107° " "	32,5	1,2	9,1	14,8
Vakuu 40 °C	61,6	0,4	-	9,5
Frysetørket	61,0	0,4	-	9,5
Skap 65° til tørt	55,9	0,5	-	9,8
" 100° " "	26,3	5,4	-	11,4

Tab.1.2. Kjemisk innhold i kålrot, % av tørrstoff.
(SALO et al. 1970)

<u>Tørkem metode</u>	<u>Lagtykkelse på prøvene ved tørking</u>			
	<u>Sukker</u>		<u>Lignin</u>	
	<u>1 mm</u>	<u>4 mm</u>	<u>1 mm</u>	<u>4 mm</u>
Vakuu 40 °C	50,3	50,0	0,1	0,1
Skap 60 °C <i>til tørt</i>	45,9	38,2	0,1	0,2
" 100 °C " "	16,2	4,1	4,4	20,0

Tabell 1.3. Kjemisk innhold i formargkål, % av tørrstoff, Vollebekk 1975.

Stoff	Stengel		Blad	
	Frosset	Tørket ¹⁾	Frosset	Tørket ¹⁾
Aske	7,8	7,8	16,1	15,0
Glukose	28,4	23,7	14,3	7,0

1) Tørketemperatur 80 °C i 24 t.

Ved tørking med høge temperaturer går også in vitro fordøyelighet ned for totalttørrstoff (LARSEN et al. 1973).

.7 Litteratur

- BASSØE, I. 1960. Metode til tørrstoffbestemmelse i rotvekster. Hovedoppgave ved NLH.
- DARRACH, C. H. et al. 1977. Microwave treatment and heat damage artifacts in forage. Agr. Journ. 69. 120-121.
- HANSEN, H. 1969. Bidrag til tørrstoffbestemmelsens metodik. Tidsskr. Planteavl 73. 94-98.
- JONES, D. J. H. & G. GRIFFELLE 1968. Microwave drying of herbage. J. Brit Grassl. Soc. 23, 202-205.
- LARSEN, R. E. z G. M. Jonas 1973. Effect of different dry matter determination methods on chemical composition and in vitro digestibility of silage. Can. Jour. Animal Sci. 53. 753-760.
- NISSEN, M. 1967. Metoder til tørrstoffbestemmelse i plante stoff. Tidsskr. Planteavl, 71. 90-116.
- OPSAHL, B. 1974. Rotvekster. Forelesningshefte. Landbruksbokhandelen.

SALO, M. L. & K. KOTILAINEN 1970. Drying of herbage samples for analyses. Journ. Sci. Agric. Soc. Finl. 42, 173-178.

SMITH, D. 1973. Influence of drying and storage conditions on nonstructural carbohydrate analyses of herbage tissue, A review. J. Brit. Grassl. Soc. 28. 129-134.

VANDERLIP, R. L. ET AL. 1974. Determining moisture in forage by neutron moderation. Agr. Journ. 66, 369-371.

2. FOREDLING I ROTVEKSTER

.1 Innledning

Det er ikke bare arealet i rotvekst dyrkingen som har endret seg sterkt i de vel 40 årene siden krigen 1940-45. Sortimentet av rotvekster i bruk har også i høy grad endret karakter. Størst har endringene vært i nepe og bete, men også i kålrot har det vært endringer selv om disse ikke er så synlige i roeformen. Grunnlaget i denne endringen i sortementet er en sterk innsats i foredlingsarbeidet i Vest-Europa fra 1930 årene og framover. Foredling og prinsipper for den er et stort og vidspennende emne, og her tas ikke sikte på å gå i dybden. Emnet behandles mer grundig i egne kurs i planteforedling.

.2 Mål i rotvekstforedlingen

All foredling må være begrunnet i visse mål. For lettere å nå disse målene er det fordelaktig å kjenne til visse prinsipper i foredlingsarbeidet og de metoder som hittil har vært brukt. Målet med foredlingen er alltid en forbedring i en eller flere egenskaper, en forbedring som er innebygd i plantenes nedarvingsanlegg.

Stor avkastningsevne har gjennom tidene vært et av de viktigste foredlingsmål. Men målene varierer for vekster, dyrkings- og produksjonsformål. Sammenfallende mål kan være:

Stor avling av roetørrstoff

Høgt tørrstoffinnhold i roene

God og jevn planteform for mekanisk avbladning

" " " roeform for mekanisk roehøsting

Resistens mot stokkløping

" " sjukdommer på roene

" " " " bladverket

Gode lagringsegenskaper

Monogermittet i betefrø

Hansterilitet i beter

For alle disse målene har det vært stor framgang i de siste desennier. Reistens mot skadegjørere som insekter og nematoder har nok også vært satt opp som mål, men for disse synes det å være oppnådd mindre. Nematoder på rotvekster har heller ikke vært noe problem hos oss, men det kan være et alvorlig problem i mange andre land.

.3 Rotvekstenes genetikk

Rotvekstene er alle fremmedbefruktede, og dette tilsier at de sorter som dyrkes av alle artene har en viss indre genetisk variasjon. Den genetiske bakgrunn kan være mer eller mindre kjent. I foredlingssammenheng snakker en om arvelige karakterer, og mer presist om kvalitative og kvantitative karakterer. Til kvalitative karakterer regnes generelt slike som er styrt med et enkelt gen eller bare noen få gener, og som nedarves som enten eller, t.d. enten rød eller ikke rød. Til kvantitative karakterer knytter seg egenskaper med mer glidende overganger som t.d. tørrstoffinnhold. Slike egenskaper er oftest påvirket av flere samspillende gener.

..1 Nedarving av kvalitative egenskaper

Hos nepe og kålrot har roene vanligvis enten kvit eller gul innvendig farge (OPSAHL 1974). Hos nepe er denne fargefaktor knyttet til et enkelt gen. I dominant form M gir det kvit, i recessiv form m gir det gul kjøttfarge. Det samme gen bestemmer også blomsterfargen, i det M gir sitrongule kronblad og m gir orangegule. En kryssing mellom homozygote foreldre med henholdsvis dominans MM og recessivitet mm for denne faktor gir i F² avkomstfordeling 3:1 (MM, Mm, mM, mm), med tre kvitkjøttede til en gulkjøttet. Hos kålrot finner vi avkomstfordelingen i F² 3:1 og 15:1 for de samme karakterer etter kryssing med stabile, homozygotiske foreldrepar. Det viser at to gener må være involvert i fargefaktoren hos kålrot. Det er da nærliggende å minne om at kålrot opprinnelig har ett gensett fra nepe (*Brassica rapa*) og ett gensett fra kål (*B. oleracea*). Fargeegenskapen er da øyensynlig nedarvet fra begge. Genomgrunnlaget for de nevnte spaltingsforhold blir da Ab og ab, eller aB og ab for 3:1, og AB, Ab, aB, ab for 15:1.

Skallfargen på roene nedarves etter mer kompliserte forhold. Hos nepe kan vi t.d. finne fiolett, grønn eller gul skoltfarge, mens skallfargen nederst er gul eller kvit. De tre fargene er styrt av tre gen, V, P og M, der M er identisk med genet for kjøtt- og blomsterfarge. P gir rødfiolett skolt, og er overdominant (epistatisk) for V som gir grønn skolt. Når disse er recessive, blir skoltfargen gul i nyanser avhengig av M eller m. Heterozygoter for P og V gir også lysere farger enn homozygotene. Kombinasjoner av dominante og recessive gener gir følgende fargevariasjoner (OPSAHL 1974 etter YARNELL 1956).

Genotyper	Skoltfarge	Skallfarge	Kjøttfarge	Kronblad
PVM	rødfiolett	kvit	kvit	sitrongul
PVm	"	gul	gul	orange gul
PvM	"	kvit	kvit	sitrongul
Pvm	"	gul	gul	orange gul
pVM	grønn	kvit	kvit	sitrongul
pVm	"	gul	gul	orange gul
pVm	krengul	kvit	kvit	sitrongul
pvm	gul	gul	gul	orange gul

En ser at både skallfarge, kjøttfarge og fargene på kronbladene er bundet til samme gen. Når det gjelder fargen på skolten, er utviklingen av den avhengig av lysforholdene som en utløsende faktor. Vi skal også merke oss at planter med gult kjøtt ikke kan nedarve planter med kvitt kjøtt, mens heterozygoter med kvitt medarver gult.

Hos kålrot finner vi skoltfargene fiolett, bronse og grønn og nyanser av disse, og nedarvingsforholdene for farge hos kålrot er mer kompliserte enn de nevnte for nepe. Dette er trukket fram som eksempler på nedarvig av kvalitative karakterer. For mer detaljer om nedarvingsforhold i Brassic^{ae} vises til YARNELL (1956), OLSSON (1960) m.f.. Også hos bete er fargespekteret stort, blålig, rødt, grønt, gult, kvitt og med mange nyanser. PEDERSEN (1944) behandler dette mer inngående (se motstående side).

Det er ellers ikke bare kromosom-gener som er med og bestemmer arv og nedarvede egenskaper. Pollensterilitet i betes synes å

være betinget også av cytoplasmatiske faktorer (OWEN 1949). Pollen-sterilitet benyttes ved framstilling av "hybridsorter".

..2 Nedarving av kvantitative karakterer

Egenskaper som viser kontinuerlig variasjon, som roeform, avkastningsevne, tørrstoffprosent etc. regnes som kvantitative karakterer. Seleksjon (utvalg) for slike karakterer gir mer gradvise utslag, og resultatet av seleksjonen er avhengig av hvor mange gener som ligger bak karakterene og graden av homozygoti. Seleksjon for én karakter i en heterozygotisk populasjon gir vanligvis også seleksjon for en annen, som da er koblet til den første. Døme på slik kobling av arveegenskaper er resultatene av utvalg for henholdsvis roer med høgt og roer med lågt tørrstoffinnhold i beter gjennom 11 generasjoner (JOSEFSSON 1963). Utvalget for høgt tørrstoffinnhold (Fig. 2.1) nedarvet samtidig egenskapen små roer (Fig. og 2.2.). Utvalg for store roer ga i 11. generasjon roer med lågt tørrstoffinnhold på samme måte som utvalg for små roer ga roer med høgt tørrstoffinnhold. Noe lignende forhold vil vi finne for de fleste karakterer, utvalg for en bestemt karakter vil også være et utvalg for en annen. Hvis en karakter går i positiv retning og en annen i negativ retning av det ønskelige, kan ikke seleksjonen utføres til yttergrensene. I programmessig foredlingsarbeid utregnes verdien for arvbarhet av enkeltkarakterer utfra variasjoner i kjent

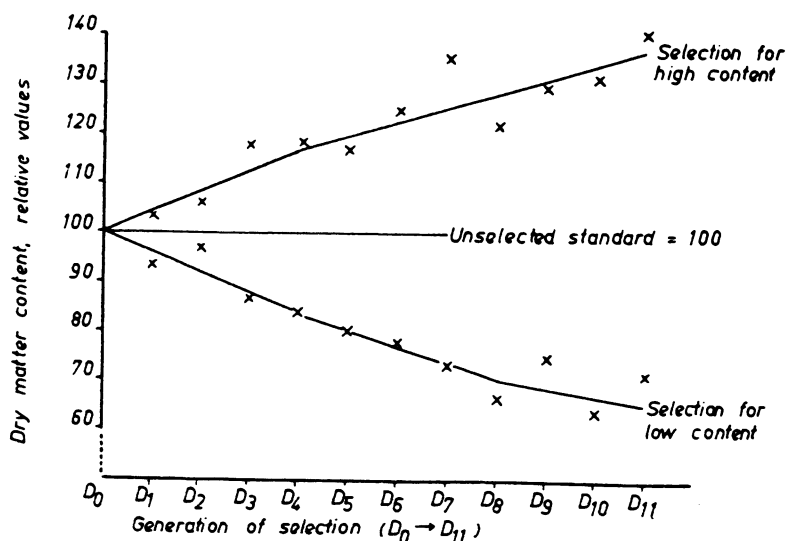


Fig. 2.1. Virkning av seleksjon på tørrstoffinnhold i beter gjennom 11 generasjoner. JOSEFSSON 1963.

materiale. Utfra disse beregnes det seleksjonspresset i populasjonen bør utsettes for for å gi de forventede endringer.

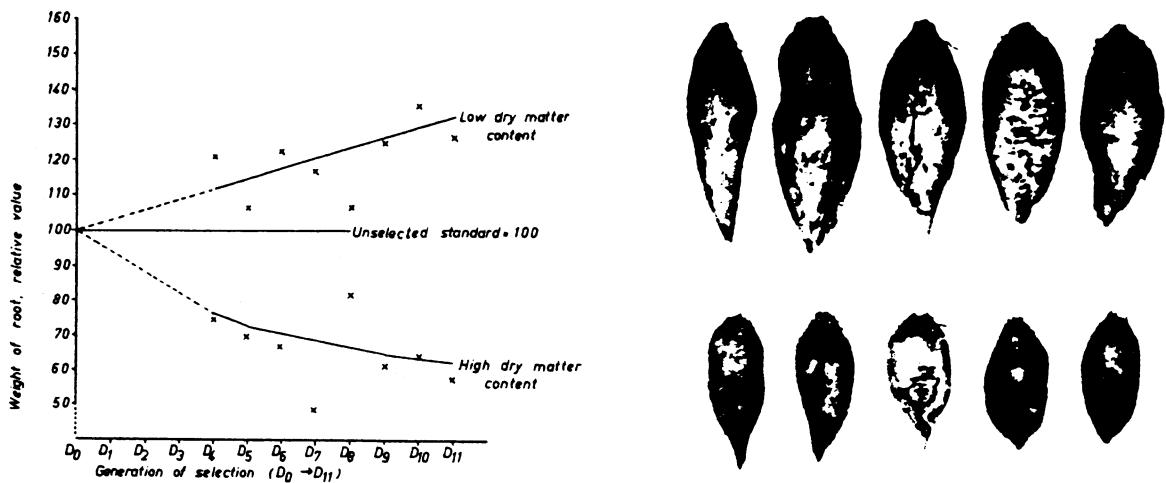


Fig. 2.2. Virkning på roestørrelsen etter seleksjon for høgt og lågt tørrstoffinnhold i betær gjennom 11 generasjoner. Øverst, utvalg for lågt. Nederst, utvalg for høgt. JOSEFSSON 1963.

.4 Foredlingsmetoder og foredlingsteknikk

Rotvekstene er som allerede nevnt fremmedbefruktede, og enhver populasjon har en bredere eller snevrere indre genetisk variasjon. Et slikt materiale, basert på utvalg for forbedringer i en eller flere karakterer, fikk tidligere betegnelsen stamme. Denne betegnelsen viste at materialet fremdeles hadde en viss genetisk variasjon, og at det igjen kunne endres ved naturlig eller påtvungen seleksjon. Tilsvarende var betegnelsen sort brukt for selvbefruktende vekster som korn og på klonoppformerte som poteter. De gamle landsorter av korn bestod riktignok av flere linjer, og de var derfor heller ikke upåvirket av naturlig seleksjon. Og nå har en jo også satset på å framstille såkalte "multi line"-sorter av selvbefruktende vekster. Betegnelsen sort er for lengst tatt i bruk også for fremmedbefruktede.

I foredlingsarbeidet med rotvekster brukes mange metoder og mange teknikker avhengig av arter og mål. Her skal listes opp noen metoder som har vært vanlige gjennom tiden og nye som er kommet til i de seinere årene:

Masseutvalg. Dette er den eldste foredlingsmetode. Den går ut på å velge ut individer med de ønskede egenskaper i en populasjon og å sette dem inn i frøavl. Den kan også gå ut på å luke ut uønskede individer i et frøavsfelt. Utvalg for tørrstoffinnhold i forbeter, som er nevnt tidligere, er eksempel på masseutvalg.

Parkryssing. Metoden går ut på å velge ut individer og å krysse dem sammen to og to. Kyssingen kan foregå ved å isolere to og to planter sammen under pollineringen, og å avle frø på begge sammen eller adskilt. Graden av selvfertilitet virker da inn på resultatet av pollineringen.

Pollineringen kan også utføres kunstig. Pollenknopper fra morplanten fjernes da før pollenet er modent for å forhindre selvbe-fruktning. En morplante kan bestøves fra en eller flere farplanter. Det kan også brukes hansterile morplanter for enveis kryssing. Enkeltblomster eller hele planter isoleres før og etter bestøvningen for å forhindre uønsket kryssing. Morplanten bærer som kjent alltid frøet.

Avkommet (frøet) etter en parkryssing, som kan være fra én eller to mødre avhengig av om det er enveis eller toveis kryssing, og fra én eller flere fedre, blir kalt en familie. Individuelle planter blir etter kryssingen, kalt søsken. Avkommet må alltid bedømmes, og det foretas videre utvalg. Bare det beste går videre.

Avkommet bedømmes oftest familievis. I F^1 kan det være for lite frø for en grundig prøving, og det er oftest nødvendig med en oppformering. Utvalgte roer av F^1 kan da settes i en polycross eller topcross for oppformering av frø. En velger i oppformeringen en slik fremmedbestøvning fremfor innavl både fordi dette gir mer frø og fordi innavlet materiale ikke vil gi en riktig test på hva avkommet gir ved fremmedbestøvning. Fremmedbestøvning representerer nemlig formeringsmåten ved framstilling av bruksfrøet. Parallelt med denne oppformering av frø for en grundig utprøving av familiene etter bestøving med en "fremmed" pollinator, oppforøkes familiene ved innavl i påvente av resultatet av utprøvingen. Når så resultatene av utprøvingen foreligger og

utvelgingen foretas, er det frø etter innavlen som går videre.

Polycross betyr egentlig flerkryssing, men i foredlingssammenheng angir det at et antall familier inngår i oppformeringen, og at alle skal ha samme sjanse til bestøvning fra samtlige. En topcross angir at alle familier utsettes for bestøvning av bare en pollinator.

Et opplegg for foredling med parkryssing er skissert i Fig. 2.3. Masseutvalg av roer til frøavl foretas innenfor utvalgte familier. Utvalg og parkryssinger kan gjøres innen en og samme populasjon, eller den beskrevne sekvens kan gjøres i uavhengige populasjoner som så til slutt frøavles sammen for å gi F^1 hybrider til bruksfrø. Dette er meget vanlig i betær, og brukes bl.a. ved framstilling av polyploid eller rent triploid bruksfrø.

Resultatet av en slik sekvens som beskrevet ender i beste fall opp med en elite som gir grunnlag for stamfrøavl og bruksfrøavl. En elite kan bestå av fra én til 10-12 eller flere familier.

.5 Ploidiforedling

Betegnelsen ploidi knytter seg til antall sett av kromosomer i cellene. I alle rotvekstarter er det forlenget framstilt planter med flere kromosomsett enn det normale for arten (JOSEFSSON 1955, OLSSON 1964, OLSSON & ELLERSTRØM 1980). Planter med flere sett enn normalt blir kalt polyploider, det kan da være triploider med 3 sett, tetraploider med 4 sett, pentaploider, hexaploider osv. Planter med bare ett kromosomsett i vevscellene betegnes som haploider. Også slike er framstilt i rotvekstartene.

I nepe har vi tetraploide sorter i kronkurransen med diploide. I kålrot har tetraploidene hittil vist seg underlegne i forhold til diploidene i de mest verdifulle egenskaper. Kryssing av diploid og tetraploid materiale for å gi triploid avkom har vist seg meget fordelaktig i betær. I nepe og kålrot har det ikke vist seg fordelaktig hittil.

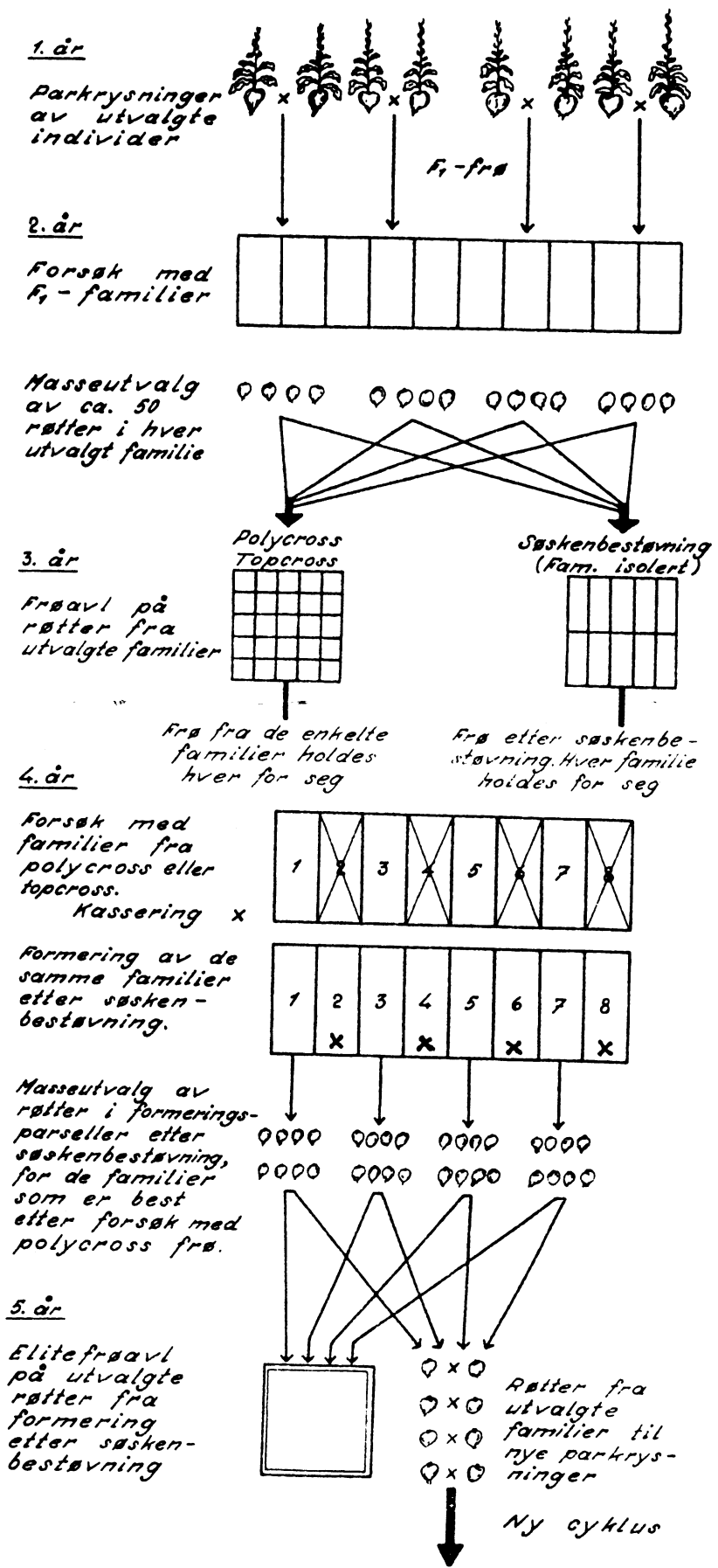


Fig. 2.3 Skjematisk framstilling av kryssings-oppformerings- og utprøvningsarbeid ved foredling av rotvekster. Etter OPSAHL 1974.

Triploider og tetraploider har vanligvis større celler enn diploidene av samme art. For arter med relativt få kromosomer har polyploider vist overlegenhet i en så nyttig karakter som tørrstoffavling, ett døme er nepe. For arter med et høgt kromosomtall har polyploidene gjennomgående vært underlegne i denne viktige karakteren, døme her er kålrot. Kålrot har som kjent et kromosomsett fra nepe (*Brassica rapa*) og ett sett fra kål (*B. oleracea*) fra naturens side. Det er kanskje noe av årsaken til at kromosomfordobling i kålrot ikke har vært så gunstig som i nepe.

For å klargjøre en del begreper som brukes i foredlingssammenheng, refereres her:

Haploider,	med bare ett kromosomsett	i vevsceller
Polyploider,	" flere enn to sett	
Autoploider,	" kromosomsett fra bare én art	
Amfiploider,	" " " to arter	
Alloploider,	" " " flere arter	
Euploider,	" bare hele kromosomsett	
Aneuploider,	" (også) ufullstendige kromosomsett	

I beter har tetraploider heller ikke vist seg å være fordelaktig fremfor diploider når det gjelder viktige agronomiske egenskaper. Triploider, derimot, har som før nevnt gitt fordelaktige resultater. Bruksfrø fremstilles ved å krysse diploide og tetraploide utvalg (populasjoner) med hverandre. Selv om beter er sterkt selvssterile, skjer det likevel noe selvbefruktning i en slik frøavl hvor begge populasjonene er pollenfertile. Bruksfrøet får derved en blanding av ploidi, med diploider, triploider og tetraploider. Avl av slikt frø er skissert i Fig. 2.4. Denne metode er nå foreldet. Nå innavles først familier av diploider og tetraploider hver for seg og deretter ved kryssing mellom familier innen ploidi for å produsere tilstrekkelige mengder av stamfrø. I sluttfasen er stamfrøet av diploidene hansterilt. Stamfrø av begge ploidi såes så ut radvis for pollinering av diploidene fra tetraploidene. Bruksfrøet får dermed også en sterk heterosis-hybrideffekt både på grunn av de forskjellige innavlete familier som er krysset inn og på grunn av den siste kryssningen. To eksempler på bruksfrøavl er vist i Fig. 2.5.

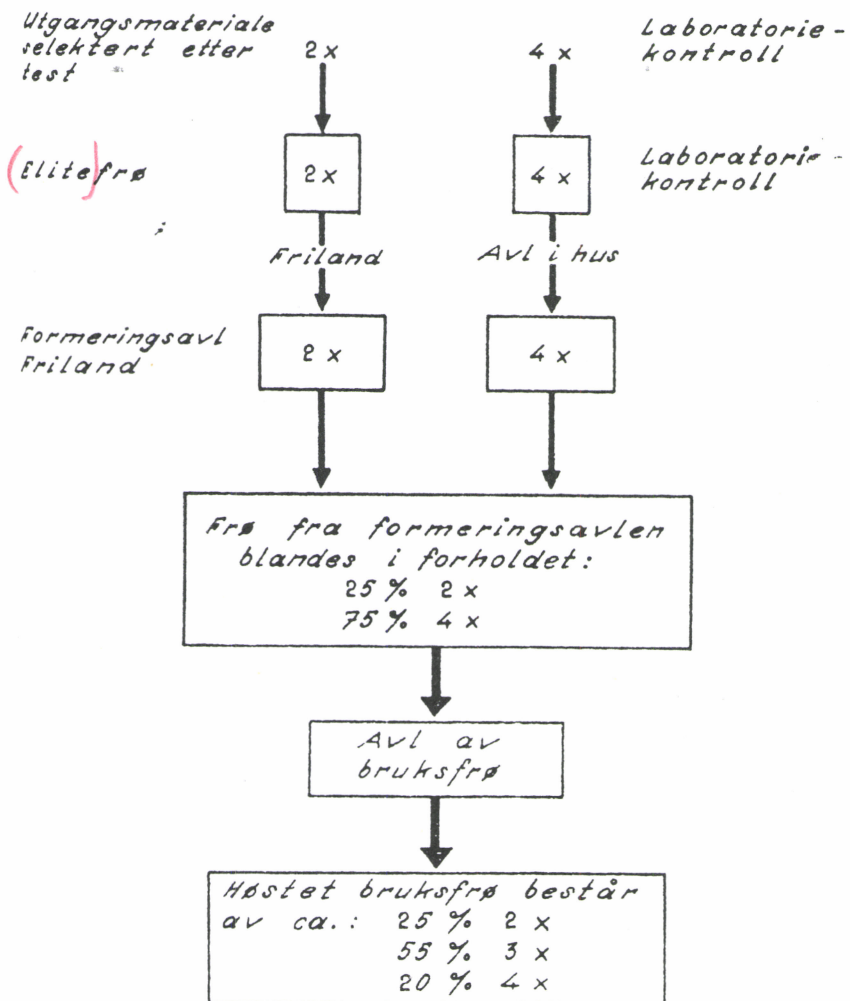


Fig. 2.4. Skissert framstilling av polyploid betefrø. Metoden brukes lite nå. Etter OPSAHL 1974.

.6 Nyere teknikker i foredlingsarbeidet

Mange metoder og teknikker er tatt i bruk i foredlingsarbeidet, men fram til det aller siste er de stort sett basert på naturens egne premisser for kryssing og oppvekstmiljø. Nyere metoder bryter med dette. Det brukes kunstige metoder for oppvekst av celler og vev som ellers ikke ville overleve, og det brukes "unaturlige" måter til å manipulere med arvemassen. Embryo etter kryssinger som ikke vil overleve i frukthuset, tas ut og oppales på kunstig medium til spirende planter direkte. Pollenkorn og pollenmorceller oppales også til spirende planter, haploider. Ved fusjon mellom vevsceller fra to ulike individer, protoplastfusjoner, oppnås nye individer med begge foreldres fulle arvemasse. Ved fusjon mellom ulike arter kan helt nye arter skapes eller eldre arter kan gjenskapes. Eksempel er gjenskaping av kålrot og raps ved fusjon av protoplaster av nepe eller rybs med kål (SCHENK et al. 1982). Cellekjerner i celler fra et individ kan byttes ut med kjerner i celler fra et annet, slik at kjerne og protoplasma i den videre forøkning (celledeling) stammer fra forskjellige individer eller forskjellige arter. Deler av cytoplasma kan overføres fra et individ til et annet, fra en art til en annen. Deler av eller hele kromosomsett kan overføres mekanisk eller via bakteriofager. Mulighetene til manipulasjoner synes mange, men framgang av betydning for den praktiske rotvekstdyrker er dermed ikke åpenlys. Men framskritt vil følge, det tar kanskje bare litt lengre tid enn hva en kan få inntrykk av i media.

.7 Rotvekstforedling i Norge

Mer eller mindre bevisst er det gjennom utvalg for frøavl skapt mer eller mindre typereine stammer (populasjoner) av nepe og kålrot. Dette har pågått gjennom lengre tid, og da særlig for nepe som i stor utstrekning var dyrket til mat før potetene ble innført til landet.

I sin tid fantes det nok mange lokale stammer av det som langt fram i vårt århundre ble betegnet som bråtenepe. Mainepe kan være

en etterfølger av disse. "Budalsnepe" var helt til det siste frøavlet og dyrket i Sør-Trøndelags fjellbygder. "Brunstadnepe" stammer fra en lokal variant frøavlet i Salten. "Måselvnepe" i sin nåværende form stammer fra frøavl i Troms i mer enn 100 år. Dens opphav ble innført fra Kola ved den såkalte Pomorhandel (SAMUELSEN 1973). Lokale stammer av kålrot, som t.d. "Haukebø" fra Møre, "Stenhaug" fra Rana o.fl. er nok av yngre opprinnelse. I sin tid hadde vi også betegnelsen Trondhjemske kålrot (grønskollet) og Trønderkålrot (fiolettskollet, t.d. "Hylla"). Flere eldre sorter i nepe og kålrot er oppstått ved utvalg i slike lokale stammer, døme er "Kvit mainepe", "Hylla" og "Bangholm Olsgård". En viss foredling har også skjedd gjennom frøfirmaenes oppformeringer. Mer bevisst foredling har skjedd ved flere av våre forsøks- og forskingsstasjoner. Når det gjelder rotvekster til fôr kan her nevnes:

Felleskjøpets forsøksgard Vidarshov, seinere flyttet til Björke. Der ble avlet fram nepestammen "Yellow Tankard Vidarshov" og kålrotstammen "Gro".

Statens forsøksgard Forus. Der ble avlet fram nepestammen "Kvit Mai Forus".

Hellerud forsøks- og eliteavlsgard. Der ble avlet fram kålrot-sorten "Bangholm Olsgård" og nepesorten "Kvit mainepe"

Institutt for plantekultur. Der ble avlet fram nepesorten "Foll" og kålrotsortene "Bangholm Gokstad" (opprinnelse fra Vestfold) og "Gry".

.8 Litteratur

JOSEFSSON, A. 1955. Tetraploid turnips a progress in Swedish root crops breeding. *Hereditas* 41, 285-287.

" 1963. Effects of selection in fodder beets. *Recent Plant Breed. Res. Svaløf 1946-61. Stocholm 1963.* 48-63.

OLSSON, G. 1960. Species crosses within the genus *Brassica*. II Artificical *Brassica napus* L. *Hereditas* 46, 351-386.

- OLSSON, G. 1964. Auto och alloploidi inom släktet Brassica.
N.J.F. suppl. 8. 168-191.
- OLSSON, G. & S. ELLERSTRØM, 1980. Polyploidy breeding in Europe.
Brassica crops and wild allies. Jap. Sci. Soc. Press.
Tokyo.
- OPSAHL, B. 1974. Rotvekster. Forelesningshefte.
- PEDERSEN, A. 1944. Om heteroernes farver. Den Kgl. Vet. og
Landbohøjsk. Aarsskr. 1944, 60-111.
- SAMUELSEN, R.T. 1973. Tidlighet, avling, kvalitet og lagringsevne
hos matnepesorter, samt historikk for nord
norske sorter. Forsk. Fors. Landbr. 24. 639-666.
- SCHENK R.H & G. RØBBELEN 1982. Somatic hybrids by fusion of
protoplast from Brassica oleracea and B. campestris.
Z. Pflanzenzucht 89, 278-288.
- YARNELL, S.H. 1956. Cytogenetics of the vegetable crops.
II Crucifers. Bot. Rev. 22.81-166.
- SHEPARD, ^{et al.} F.F. 1983. Genetic transfer in plants through
interspecific protoplast fusion.
Science 219. 683-688

3. AVL AV ROTVEKSTFRØ

.1 Innledning

Det aller meste av vårt behov for rotvekstfrø i fôrdyrkingen var lenge dekket ved import. Men til tider har det også vært dyrket betydelige kvanta av frø innenlands, både av nepe, kålrot og bete. Den innenlandske avlen har variert sterkt fra år til år både på grunn av utvintring av store frøarealer enkelte år, og avhengig av tilgangen på brukbart frø utenfra. Dette har skapt store variasjoner i behovet for egen avl.

Både fra dyrkerhold og fra statlig hold har interessen for innenlandsk frøavl vært skiftende. Interessen har blomstret opp i krisetid og krigsår og har dabbet av når frøbehovet kunne dekkes utenfra. Danmark og Sverige kunne i normale tider stort sett forsyne oss med tilstrekkelige mengder frø av dyrkingsverdige sorter av både nepe, kålrot og bete. Tidligere ble også utenlandske stammer og sorter frøavlet i Norge, men nå er den organiserte frøavlen basert på bare norske sorter, og bare på nepe og kålrot. Etter hvert som eget foredlingsmateriale ble framskaffet, som til dels var bedre enn utenlandsk, økte behovet for egen frøavl. Frøavlen har lenge vært støttet økonomisk av staten. Tabell 3.1 viser mengder av norskavlet og importert rotvekstfrø for perioder i seinere tid. Oppgaven er ikke fullstendig, da det for enkelte

Tabell 3.1. Gjennomsnittlige årskvanta av norskavlet og importert rotvekstfrø i tonn i perioder 1948-1985. Kilde: Arsmeldinger fra Statens såvareråd (til 1976) og Statens planteavlslsråd (fra 1977). Bare arealoppgaver for norskavlet i 1956-75.

Ar	Nepe		Kålrot		Bete	
	Norsk	Import	Norsk	Import	Norsk	Import
1948-50	20	-	41	-	22	-
1951-55	0,6	-	4,6	-	2,4	-
1956-60	-	23	-	48	0	34
1961-65	-	10	-	27	0	17
1966-70	-	8,4	-	14	0	3,4
1971-75	-	3,4	-	6,8	0	1,4
1977-80	5	5	10	4	0	1
1981-85	1,2	5	5	2	0	1

perioder er oppgave bare over høstet areal, men ikke mengde av norskavlet. Framavlen av statskontrollert såvare i rotvekster skjer i tre trinn: 1. Elitefrøavl, 2. Stamfrøavl, 3. Bruksfrøavl. Stamfrøavlen og bruksfrøavlen er underlagt Statens planteavlslsråd.

.2 Elitefrøavl

Danning av elite er siste ledd i foredlerens arbeid med å framstille en sort. Eliten til nye sorter bygger nå vanligvis på familier, dvs på avkom etter parkryssinger, og som etter års prøvinger i avkastningsforsøk har vist overlegenhet i en eller flere karakterer. Bak en elite er vanligvis flere familier. Antallet kan variere. De utvalgte familier frøavles isolert, hver for seg, og bestemte mengder frø av hver slås sammen og danner eliten. Denne gis så en foreløpig sortsbetegnelse, et foredlingsnummer. Først etter foreskrevet prøving i offisielle sortsforsøk kan den nye sorten godkjennes og gis et godkjent sortsnavn.

All seinere frøavl av vedkommende sort skjer på grunnlag av sortens elitefrø. Eliten må derfor holdes ved lag gjennom gjentatt frøavl av familiene så lenge sorten er i bruk. Over tid kan eliten endres gradvis, da det dreier seg om fremmedbefruktende vekster. Det er foredlerens eller sortseierens oppgave å vedlikeholde eliten. Hos oss har Stamsædsentralen på Hellerud fått overdratt denne oppgaven for de fleste norske sortene. Foredleren kan også sette inn nye familier eller ta ut eldre av eliten uten at sortens betegnelse endres, men eliten gis da gjerne ett nytt nr. Det er derfor relevant å prøve samme sort av en rotvekstart om igjen med års mellomrom i sortsforsøk. Elite-materiale kan ellers langtidslagres ved dypfrysing.

Ved framstilling av hybridsorter ^{ender enn opp med} slås ~~ikke~~ frøet av familiene ^{en mor-elite som helst bør være pollensteril og en polinit.} sammen til en elite. Metodikken i frøavlen for disse beskrives seinere.

.3 Stamfrøavl

Stamfrøavl er egentlig bare en kontrollert oppformering av eliten i tilstrekkelige mengder som grunnlag for bruksfrøavlen. Dreier

det seg om en nyforedling, må denne først godkjennes av Statens planteavlslråd for oppformering før offisiell stamfrøavl og bruksfrøavl settes i gang. Godkjenning for oppformering kan gis før sorten blir godkjent for å bli tatt inn på sortslista. Dette gjøres for at bruksfrø skal kunne bli tilgjengelig snarest mulig etter at ^{sorten} den eventuelt blir godkjent.

I rotvekstfrøavlen, der frøbehovet for de enkelte sorter er lite, er det vanligvis bare behov for en generasjons frøavl etter eliten. Stamfrø- og bruksfrøavlen blir derfor identisk.

For avl av hybridsorter framavles på dette trinn de endelige komponenter for bruksfrøavlen.

.4 Bruksfrøavl

Bruksfrøavlen er siste ledd i oppformeringen av de godkjente sorter, oppformering for omsetning i handel til de enkelte forbrukere.

..1 Organiseringen

Bruksfrøavlen i Norge er organisert gjennom Stamsædsentralen på Hellerud. Ut fra forventet frøbehov om 2 år og eventuelt seinere, tegner Stamsædsentralen kontrakt med frødyrkere gjennom Aust-Agder frøavlerlag for avl av bestemte sorter på oppgitte arealer. Stamsædsentralen leverer nødvendige mengder utsæde (elite/stamfrø), og etter foreskrevne kontroller av dyrkingen, tar Stamsædsentralen hånd om ferdig tresket og tørket avling. Stamsædsentralen utfører sluttrensingen og sortering av frøet, sørger for analyser ved Statens frøkontroll, og selger ^{frøet} det videre til frøfirma for salg til forbrukerne. Stamsædsentralen er også pålagt å holde et beredskapslager av bruksfrø. Det blir gitt økonomisk støtte til overlageringen.

Frødyrkeren er ^{ellers} sikret et minstebeløp ved en arealtrygd. Om frøarealet går ut på grunn av overvinteringsskade, får dyrkeren 1/2 arealtrygd. Det regnes da med at han kan dyrke en annen grøde på arealet. Om ^{overvinteringsskade, grødtidspunkt, osv.} frøavlen seinere mislykkes, får han i det minste full arealtrygd. Ellers får han oppgjør etter levert kvantum av

godkjent frø. Med nåværende priser er det meget lønnsomt dersom det lykkes å avle fram en god frøavling. Dyrkeren har leveringsplikt, og økonomien tilsier også leveringsinteresse. Stamsædsentralen har mottaksplikt. Om frøet ikke blir godkjent som statskontrollert såvare, får dyrkeren full arealtrygd, og avlingen kan leveres som oljefrø. Men dette gir et betydelig dårligere økonomisk resultat enn for godkjent vare. Et prisnoteringsutvalg fastsetter frøprisen for godkjent vare årlig.

Det er vanskelig å planlegge ^{stivelsen på} arealet for utlegg til bruksfrøavl, da avlingene vil variere sterkt. Mest innvirker overvinteringen av utlegget, men årets og neste års avlingsutbytte på overvintret areal spiller også inn. Det samme gjør forbruket (salget) av de enkelte sorter gjennom de samme to år. Sterk utvintring i flere år på rad fører gjerne til mangel ^{av frø} for en eller flere sorter. Men det har også forekommet at tilslaget har blitt så godt at visse frøarealer har blitt tatt ut for tresking direkte som oljefrø. Dette for å begrense lagringskostnadene. Med års mellomrom blir også visse frøparti på lager tatt ut til oppmaling for innblanding i kraftfôr. Dette skjer hvis frøet er lagret svært lenge eller om spireevnen begynner å avta.

..2 Frøavlsteknikk

Første fase i frøavlen er avl av frøroer, og den neste er oppbevaring av disse over vinteren. Den tredje fasen er selve frødyrkingen på de overvintrede roene.

...1 Avl av frøroer og overvinteringsmåter

Fra gammelt av var det vanlig å avle frø på store roer som var avlet etter vårsåing og tynning av bestanden som til fôrdyrking. Det var også vanlig å ta opp frøroene og lagre dem i haug ute eller i kjeller over vinteren. Frøroene kunne også bli plukket ut av en vanlig roeavling til fôr. Tidlig neste vår ble roene plantet ut med stor avstand, gjerne 50-60 cm avstand i raden og ca 1 meter mellom radene hvis det gjaldt frøavl i stor stil. Denne metoden er nå forlatt.

Nå avles frøroene som 2. grøde. En sår vanligvis kålrot i siste halvdel av juli og nepe i begynnelsen av august til blivende

bestand for overvintring direkte på stedet. Det mest vanlige er såing på flatt land med en radavstand på 60-70 cm og 3-4 cm frøavstand i raden. Roene blir langt fra utvokst, bare 3-5 cm i diameter, som er en ønskelig størrelse når de skal overvintre på voksestedet. Slike små roer har tilstrekkelig med opplagsnæring for å få veksten i gang neste vår. Veksten om våren kommer også raskere i gang på roer som har stått urørt på voksestedet enn på roer som er utplantede, og det blir en jevnere vekststart på frøfeltet. Det gir tidligere og jevnere modning. Overvintringen av frøroene har alltid vært en usikker faktor i frødyrkingen. Dette gjelder også om en tar dem opp for lagring, men det gjør seg mest gjeldende når de overvintres på avlsstedet. JONASSEN (1971, 1972, 1973) har redegjort for omfattende undersøkelser på dette området i Aust-Agder.

At frøroene avles som 2. grøde har både økonomiske og praktiske fordeler. For det første får dyrkeren anledning til å høste inn en annen grøde på frøavlsfeltet i såingsåret. For det andre har roer etter såing i juli større toleranse mot frost enn roer etter såing i mai (JONASSEN 1973 a-b), og de overvintrer bedre i feltet. De aller minste roene (<3 cm diameter) tåler likevel mindre frost og overvintrer dårligere enn noe større roer (3-5 cm i diameter) etter samtidig såing.

Forsøk med bruk av dekkvekst, som t.d. westerwoldsk raigras, med tanke på at graset skulle beskytte plantene gjennom vinteren, falt ikke heldig ut. Det resulterte i at frøroene vokste seg mer langstrakte og opp over bakken slik at bladfestet med vekstpunktet ble mer utsatt for frost. Dekking med halm før veksten var avsluttet hadde samme effekt. Den sikreste måte å beskytte frøroene på over vinteren var å hylle jord opp mot planteradene eller å så i grop som ga livd for plantene. Å så på drill ga planter som ble utsatt for frost i vekstpunktet.

JONASSEN fant også noe sikrere overvintring noe inn i landet der en hadde mer sammenhengende snødekke enn i de ytterste kyststrøk. Frøavlens praksis foregår likevel mer i ytre bygdelag enn i de indre.

Den sikreste frøavl ble oppnådd ved lagring av frøroene på kjølelager og tidlig utplanting neste vår. Praktiske metoder for høsting, lagring og utplanting av roer etter såing i juli ble utviklet, og denne måten var også i praktisk bruk gjennom noen år i bruksfrøavl. Kostnadene ble imidlertid for store, slik at overvintring ute på feltet er blitt enerådende igjen.

...2 Planteutvikling i frøavlsåret

Både HAVSTAD (1964) og JONASSEN (1971) fant at frøavlingen var avhengig av at frøplantene utviklet et effektivt bladverk for fotosyntese i frøavlsåret. Opplagsnæringen i roene tjener bare til en rask start for denne planteutviklingen. Roene kan seinere legge på seg igjen og øke i vekt.

Vanligvis dannes det bare én stengel fra hver roe, men hvis det sentrale vekstpunktet (hjerteskuddet) er skadet, kan flere likeverdige knopper bryte ut og danne flere stengler. Hvor mange ordener av forgreininger som utvikles er avhengig av vokseplass og næringstilstand. I tett bestand med 5-10 cm roeavstand kan det være 2-3, i glissen bestand (50-60 cm^{avstand}) kan det utvikles 5-6 ordener av forgreining (HAVSTAD l.c.).

(Fig.)

Når stengelen har vokst opp i ca 2/3 av full lengde, bryter de første blomstene ut på denne. Det er den nederste blomst som bryter først ut, og siden følger de etter hverandre oppover hovedskuddet. Blomstringen på hovedskuddet kan vare i 3-4 uker, mens den enkelte blomst bare varer i 3-4 dager avhengig av pollineringen (HAVSTAD l.c.). Etter at 1. blomst på primæraksen har vist seg, kan det ta ei vikes tid før 1. blomst på den øverste grein viser seg nederst i dennes toppblomsterklase. Siden kommer greinene nedover primæraksen i blomst i rask rekkefølge, og så greiner av 2. orden osv.. På hver blomstergrein (klase) er det den nederste blomst som springer ut først. De øverste og ytterste knopper, blomster og skulper i hver forgreining utvikler seg sjelden til fullmodne skulper og frø selv om blomstene blir pollinert. En stor del faller av under utviklingsfasen. Hele planten blomstrer av i løpet av 3-5 uker. Blomstringstidens lengde er ikke mye avhengig av forgreiningen. Antall anlegg for blomster gir et stort potensiale for frø, men omgivelsene avgjør

~~sene~~ avgjør hvor stor del av anleggene som utvikles. Ved 5 cm planteavstand fant HAVSTAD i gjennomsnitt ca 260 skulper pr plante ^{12 = 3000} mot ca 1250 ved 60 cm avstand. I første tilfellet var vel 80 % å finne på primæraksen og greinender av 1. orden, i andre tilfellet var vel 60 % å finne på greiner av 2. orden og yngre.

Etter bestøvningen kan det ta 2-4 dager før pollentubene er vokst ned til eggcellene og det skjer en befruktning. Allerede kort tid etter pollineringen får kronbladene symptomer på visning, og de faller av etter 3-4 dager. Fruktemnet begynner straks å utvikles til skulpe. Først når skulpen er bortimot utvokst, starter en rask utvikling av embryo og frø. Frøskallet utvikles straks i full størrelse og fylles etter hvert med frøkvite som så resorberes ved utviklingen av kimen med cotyledoner og frørot. Utviklingen av skulpen tar ca 1 md, og frøutviklingen tar ytterligere 3-4 uker. (Fig. 3.1).

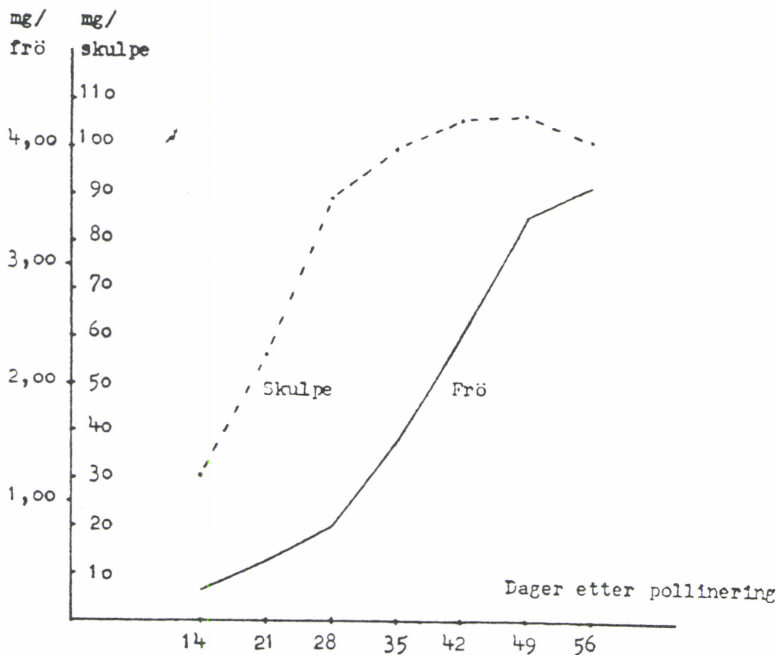


Fig. 3.1. Tilvekstkurve for skulpe og frø. HAVSTAD-64.

I kålrot inneholder hver skulpe vanligvis 20-25 frø. Flest frø dannes vanligvis i de først dannede skulper, og de blir gjerne også de tyngste. Frøene har gjennom hele utviklingstiden høyere tørrstoffinnhold enn skulpeveggene. Når skulpen er tørr og frøet er fullmodent, har frøet et tørrstoffinnhold på ca 70 %.

..3 Dyrkingsåtgjerder

Kålrot og nepe har for det meste insektpollinering, og spesielt bier er effektive i dette arbeidet. Forskjellige arter og sorter av rotvekster må derfor isoleres i frøavl, og de må holdes unna andre pollinatorer som t.d. rybs og raps. I bruksfrøavl skjer dette med avstandsisolasjon. Det var nevnt at planteutviklingen er mer avhengig av egen fotosyntese enn av opplagsnæringen i frøroene. Følgelig må frøavlsfeltet også gjødsles. Gjødslingen tilpasses jordanalyser, jordsmonn og andre betingelser for den spesielle frøavl det gjelder. Her kan antydes et næringskrav på 12-15 kg N, 2-3 kg P og 12-15 kg K.

En tidlig ugraskamp i form av radrensing er oftest nødvendig for å holde ugraset nede. Seinere dekker plantene raskt og hindrer ugraset i å ta overhånd. Av insekter og skadedyr må spesielt nevnes glansbiller og småfugl. En kan ikke unngå å måtte sprøyte minst én gang mot glansbiller, men ofte kreves flere ganger sprøyting. Skulpesnutebiller kan også gjøre skade, det samme gjelder sopparter på blad, stengler og skulper. Frøfeltene er dessuten utsatt for skade av spurv og annen småfugl når frøet nærmer seg modning.

I frøfeltene kan det spesielt i fuktige år være mye grønt bladverk selv når avlingen er moden. Det er derfor ofte formålstjenlig å svi dette ned før høstingen. For tiden råder det en viss usikkerhet om dette, da det er mistanke om at preparater til dette bruk kan påvirke frøets spireevne.

..4 Frømodning, frøbergning og frøavling

Frømodningen, utviklingsforløpet og tidspunktet for den, er avhengig av mange forhold. Tidspunktet for vekststart om våren og de fysiske betingelser for vekst og utvikling er avgjørende. I dette inngår klimaet som en sentral faktor. Ellers trenger kålrot lengre veksttid fram til frømodning enn nepe. Ved samtidig vekststart modner nepefrøet 1-3 uker før kålrotfrøet. I Aust-Agder høster en vanligvis nepefrøet sist i juli og kålrotfrøet i første halvdel av august. Blir modningen forsinket i forhold til dette, kan bergingen bli mer problematisk, både på grunn av

værforhold og større fugleskader.

Tidlig og jevn vekststart av hele frøfeltet oppnås ved valg av høvelig sted for feltet og ved å la frøroene overvintre på voksestedet. Utplanting av frøroene forsinker vekststarten og gir ujevne start mellom planter. Eventuelt dekkmateriale må fjernes straks det er tilrådelig av omsyn til frostfaren. Tidlig radrensing og gjødsling framskynder også veksten. En tett og jevn plantebestand vil gi planter med noenlunde lik forgreining som igjen fører til jevn avblomstring og jevnere modningsforløp.

Frøet er utvokst når det har skiftet farge fra grønt til mørkt, rødbrunt for nepe og blåsvart for kålrot. Det har da et matt voksbelegg og en fast, voksaktig konsistens. Det kan fremdeles knipes over med neglene. Skulpene er da stive og tørre, men har litt saftspenning ved stilkfestet. Ved forsiktig nedtørking mørkner frøet enda noe, og det har fullverdige egenskaper som såvare. Seinere krymper frøet noe i volum og blir hardere, og skulpen blir tørr og lar seg lett åpne. Frøet er nå fullmodent og har et tørrstoffinnhold på over 75 % (HAVSTAD l.c.). Det neste stadium er at skulpene åpner seg og frøet drysser på bakken.

Mens blomstringen kan vare i 3-4 uker innen én og samme plante, så er det adskillig mindre forskjell i modningsforløpet. Fra første til siste skulpe er dryssingsmoden kan det gå bare 4-5 opp til 8-10 dager. Og det gjelder å berge frøet innen det drysser. Småfugl og vind kan påskynde dryssingen. Ei haglskur kan gjøre totalskade. Frøloa eller frøet må alltid ettertørkes. Frøet må opp i 92 % tørrstoff for å være lagringsdyktig.

HAVSTAD (1964) har gjort rede for et 3-årig høstetidsforsøk i kålrot, hvor også frøberging inngikk. Plantene ble skåret ned med sigd. Avlingsutbyttet ved 5 forskjellige høstetider er vist i fig. 3.2.

Første høstetid (A) ble utført når de første skulpene, de nedre på primæraksen, begynte å skifte farge fra grønt til gult. Frøet var fremdeles grønt. Andre høstetid (B) ble utført når frøet i disse skulper skiftet farge fra grønt til mørkt, og den tredje

(C) straks de samme skulpene var tørre. Fjerde (D) var når toppskulpene på primæraksen var tørre som i (B), og den femte (E) var når åkeren ble betraktet som skurtreskermoden. Størst avling ble i alle år oppnådd ved 3. høstetid (C), d.v.s. når skulpene nederst på primæraksen var tørre. Avlingene varierte da mellom ca 150 og ca 230 kg/daa de tre årene. Første høstetid ga i gjennomsnitt det dårligste resultat, med variasjoner fra ca 50 til ca 160 kg frø/daa. Ellers var det en jevn og ganske sterk nedgang i avlingene (ca 25 %) fra 3. til 5. høstetid.

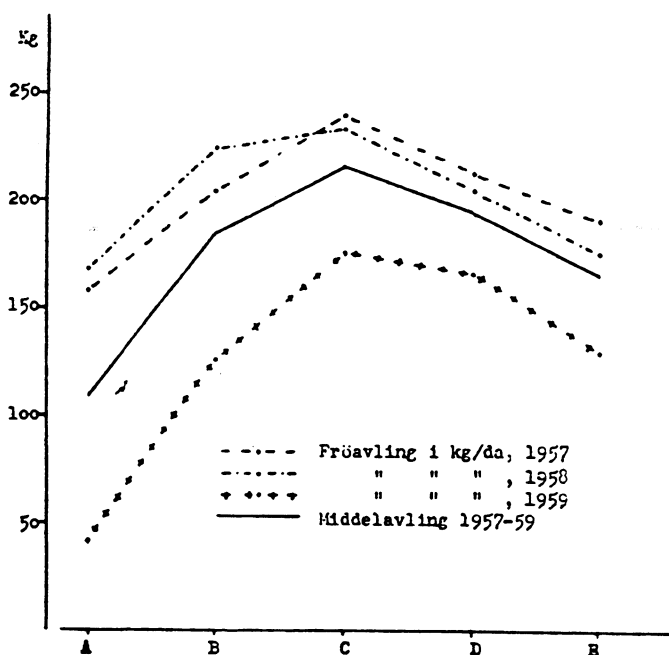


Fig. 3.2. Netto frøavling ved forskjellige høstetider. HAVSTAD-64.

Berging av frølo og frø inngikk i den samme undersøkelsen. Fig. 3.3 viser variasjonen i 1000-frøvektene for ulike høstetider og bergingsmetoder. Tredje høstetid ga frøvekter på topp og relativt liten variasjon for bergingsmåten. Forskjeller i netto frøavling mellom de ulike bergingsmåtene varierte mellom årene og høstetider, og ut fra disse undersøkelsene kan en ikke framheve en metode som spesielt god eller dårlig. Spireprosentene lå gjennomgående høgt (> 95 %) med unntak for kunstig tørking og tidligste høstetid.

Frø fra den samme undersøkelsen (HAVSTAD l.c.) ble sådd ut for avkastningsforsøk, og planteutviklingen ble fulgt gjennom veksttida. Planter av frø fra 1. og 2. høstetid stod tilbake først i vekstperioden, men ved slutthøstingen kunne en ikke påvise forskjell i avlingene, hverken mellom høstetider eller bergingsmåter for frøet.

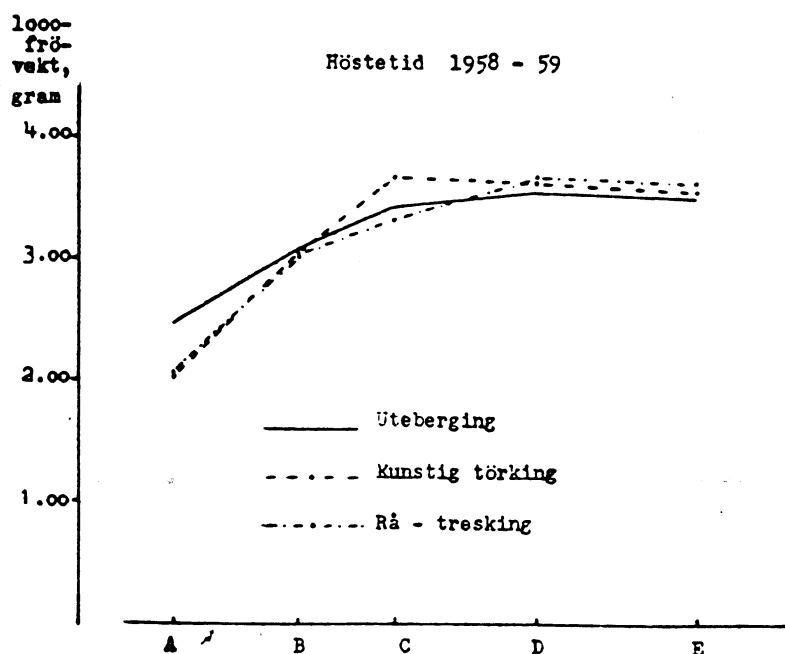


Fig. 3.3. Gjennomsnittlig 1000-frøvekt ved forskjellige høstetider og bergingsmåter. HAVSTAD-64.

I HAVSTAD's undersøkelser over planteutviklingen, var plantebeholdningen i et vanlig overvintrende frøfelt tynnet ut til forskjellige avstander. Tynningen ble utført om våren. Frøavlingen for de ulike bestandtettheten i dette ene feltet er vist i tab. 3.4. Tett bestand ga de største avlingene. Dagens bruksfrøavl utføres som tidligere nevnt på tett bestand.

.5 Hybridfrøavl

I hybridfrøavlen brukes flere separate utvalg av plantemateriale med spesielle egenskaper for innbyrdes kryssing. For det meste av betesortimentet som er i bruk i dag, er bruksfrøet framstilt ved hybridavl. Av kålrot og nepe har så vidt vites ennå ikke slike sorter vært markedsført. Av formargkål var slikt sortsmateriale

Tabell 3.4. Frøavling og frøkvalitet ved ulike planteavstander i kålrot etter uttynning av roene. Ett felt 1959. HAVSTAD-64.

Plante- avstand ca cm	Netto frøavling kg/daa	Tusen- frøvekt %	Spire %	Prosent avrens
5	242	3,37	98,8	5,2
15	211	3,33	99,3	4,8
30	198	3,27	98,8	5,7
60	177	3,15	98,8	6,0

framstilt og i bruk tidlig i 1970 årene, og i kål er det nå et stort sortsantall i bruk her i landet. At hybridsortene har slått så godt til i betes, kan vel skyldes at en der har lyktes i å framstille hansterilt materiale til bruk som morsorter. For kål skyldes det nok den sterke selvsteriliteten i kål. Bruksfrøet får dermed en mer ensartet genetisk konstitusjon i og med envegskryssingen. Videre frøavl på bruksfrøet vil gi sterk spalting i avkommet, eller det er ugjørkelig på grunn av ploidiforhold som gir sterilitet.

Hva som inngår av plantemateriale i en hybridsort, er foredlerens hemmelighet. Vanligvis bygger dette på sterkt innavlete familier, som da får karakter av linjer i en selvbefruktende vekst. Slike kan så krysses innbyrdes igjen for å gi opphav til de endelige mor- og farpopulasjoner som settes inn i bruksfrøavlen. Et oppsett for framstilling av triploid betefrø er vist i fig. 3.4. Et nytt innslag i hybridforedlingen er bruk av vegetativt oppformerte di-haploider som avløsning for innavlete familier. Kryssinger mellom slike gir et genetisk meget ensartet avkom.

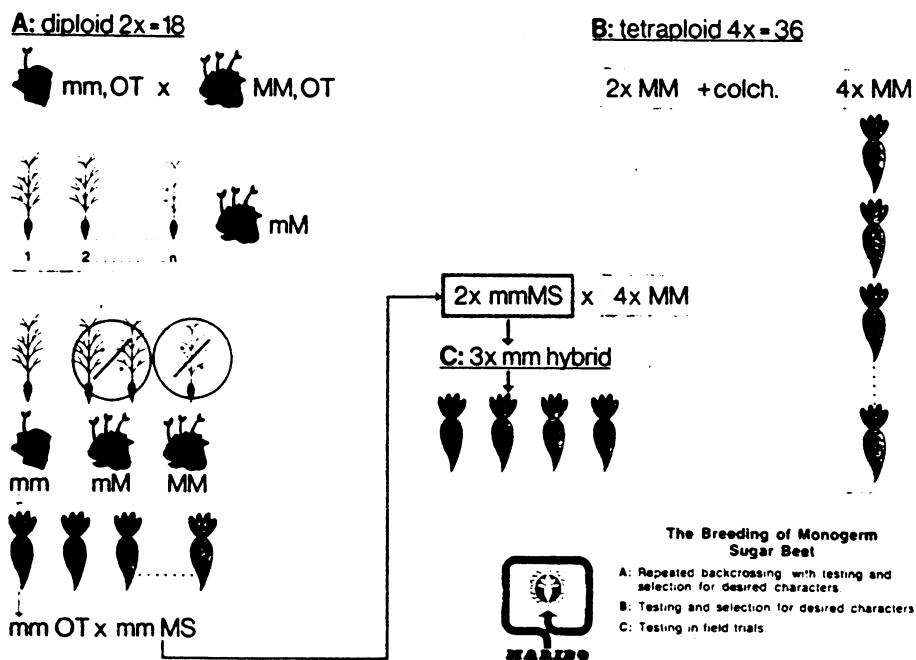


Fig. 3.4. Framstilling av triploid, monogerm betefrø. Kilde: De Danske Sukkerfabrikker A/S.

.6 Litteratur

- HAVSTAD J. 1964. Undersøkelser innen den generative fase hos kålrot med særlig sikte på å bestemme rette høstetidspunkt og bergingsmetode for frøgrøda. Meld. Norges Landbr. Høgsk. 43, (15), 101 s.
- JONASSEN G.H. 1971. Frøavlsforsøk med kålrot og nepe. Størrelse av frøavlsrøtter for kjølelagring, og utplantingstider i frøavlsåret. Forskn. Fors. Landbr. 22, 57-68.
- " 1971. Frøavlsforsøk med kålrot og nepe. Bruk av plantevernmidler mot mikroorganismer i kjølelager. Forskn. Fors. Landbr. 22, 173-182.
- " 1971. Frøavlsforsøk med kålrot og nepe. Avblading og lagertemperatur ved overvintring av frøavlsrøtter. Forskn. Fors. landbr. 22, 301-314.
- " 1973. A study of the lethal effects of low temperature on swede rootlets (*Brassica napus rapifera*). Meld. Norg. LandbrHøgsk. 52 (12), 17 s.

JONASSEN G.H. 1973. Metoder for frostpåvirkning og måling av frostskaider hos overvintrede planter. Forskn. Fors. Landbr. 24, 543-557.

STATENS PLANTEAVLSRAD, 1981. Forskrifter for statskontrollert produksjon og omsetning av såvare, planter og plantedeler.

STATENS PLANTEAVLSRAD, 1988. Utfyllende bestemmelser for statskontrollert produksjon og omsetning av rotvekstfrø.

