

Planteforædling ved Tystofte.

**Almindelige Principper for Forædling af Planter med
Fremmedbefrugtning.**

Ved E. Lindhard.

Forædlingsarbejdet ved Tystofte har det Formaal at fremskaffe bedre Kulturformer, særlig af Græsmarkens Foderplanter, og samtidig at undersøge Forædlingens Midler og Veje. Nærmere Program for Arbejdet foreligger ikke. Det har hidtil væsentligt været et Lejlighedsarbejde, udført i det Omfang, som Tid og Midler, levnet fra det faste Forsøgsarbejde, har tilladt. Og det lader sig vanskelig indordne under en detailleret Arbejdsplan. Uforudsete Vanskeligheder af forskellig Art rejser sig, efterhaanden som Arbejdet skrider frem, og de maa overvindes eller omgaas efter Øjeblikkets Krav. — Held og Uheld spiller stadig en Rolle ved Planteforædlingen.

I denne Afhandling har jeg derfor sat mig til Maal at gøre Rede for Forædlingsarbejdets Art og at begrunde vore almindelige Arbejdsprincipper.

De enkelte Kløver- og Græsarter har vidt forskellige Befrugtningsforhold og Livsvarighed, og skønt disse Forhold delvis er kendte og beskrevne i Litteraturen, er Kendskabet til dem dog ikke indgaaende nok til derpaa at bygge et rationelt Forædlingsarbejde. Nærmere Undersøgelser over Befrugtningsforholdene er derfor iværksatte, samtidig med at Forædlingsarbejdet med det Materiale, som forelaa i 1909, er fortsat, og nye Arbejder tagne op. For disse og lignende Undersøgelser vil der

blive gjort Rede i specielle Afhandlinger, som falder uden for Hovedserien af Beretninger om Forsøgsstationernes Forsøg og Undersøgelser, og som vil henvende sig til et mere begrænset Publikum, eftersom Emnerne bliver af mere rent botanisk eller biologisk Natur. Om Resultaterne af en Undersøgelse over Humlebiernes Betydning for Rødkløverens Befrugtning og Frøansættelse og om disse Dyrs Livsforhold er der saaledes allerede afgivet Meddelelse¹⁾).

Min Forgænger, *N. P. Nielsen*, havde ret tidligt taget et Forædlingsarbejde op med et stort Antal Arter, nemlig: Rødkløver, Hvidkløver, Kællingetand, Rundbælg, Sneglebælg, Lucerne, Draphavre, Hundegræs og Rajgræs. Fremgangsmaaden ved Arbejdet var yderst enkel og i Hovedsagen den samme, som *N. P. Nielsen* benyttede ved sine Forædlingsarbejder med Hvede og Byg²⁾. Af de bedste Prøver i Forsøgene (Forsøg med Frø fra forskellige Avlssteder) blev der samlet Frø af et større eller mindre Antal enkelte Planter hver for sig. Disse Prøver (Familier) blev udsaaede i sammenlignende Dyrkningsforsøg i det smaa, og naar Forsøgsresultaterne forelaa, blev der atter avlet Frø af de bedst ydende Familier hver for sig, og med disse anstillet nye Dyrkningsforsøg. Efter 2—3 Generationers Forløb var i Almindelighed kun een eller nogle faa Familier tilbage, disse blev da optagne i mere omfattende Dyrkningsforsøg til Sammenligning med danske Stammer og med Handelsfrø fra forskellige Avlssteder af de samme Arter.

Gennem disse Arbejder er der med en Del Arter naaet praktisk værdifulde Resultater, saaledes med Hvidkløver, Rundbælg, Italiensk Rajgræs og Hundegræs, af hvilke de nye Stammer overgaar de bedste Handelssorter i Udbytte. Nærmere om disse Stammers Egenskaber vil blive meddelt i Beretningerne om Forsøg med de paagældende Arter. For flere af de herhen hørende Forsøgsrækker vil Beretning foreligge i 1913. Naar Resultaterne til Trods for den forholdsvis enkle Fremgangs-

¹⁾ *E. Lindhard*: Om Rødkløverens Bestøvning og de Humlebiarter, som herved er virksomme. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, 18. Bind, Side 719—37. — *Samme*: Humlebien som Husdyr. Spredte Træk af nogle danske Humlebiarters Biologi. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, 19. Bind, Side 335—52.

²⁾ *N. P. Nielsen*: Dannelse af nye Bygsorter, særlig Tystofte Prentice-Byg. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, 16. Bind, Side 169—93.

maade har ladet vente saa længe paa sig, ligger dette i, at disse Planter er 2- eller fleraarige, saa deres Anvendelighed i Landbruget først kan bedømmes i 2. eller 3. Vækstaar (1. eller 2. Brugsaar). Naar derfor 3 à 4 Generationer skal afprøves i Markforsøg, før det endelige Valg kan træffes, medgaar der let 10—12 Aar fra Forædlingsarbejdet begynder og til det endelige Resultat kan foreligge.

Det er let at forstaa, at et heldigt Resultat af Forædlingen af Planter med Fremmedbestøvning ved denne Fremgangsmaade vil være direkte afhængigt af hele det oprindelige Udvalgs-materiales Beskaffenhed. Det udvalgte Planteindivid vil stamme ned fra Forfædre med højest forskellige arvelige Anlæg, og det vil blive bestøvet af de omkringstaaende Planter, saaledes at dets Afkom modtager Arv fra et stort Antal af Modersortens forskellige Planter. Ved fortsat Formering paa smaa Parceller vil en yderligere Krydsning let finde Sted, og efter nogle Generationer vil den første Udvalgsplantes Særpræg tit være helt eller delvis udvisket. En saadan Udviskning af Forskellen mellem de enkelte, udvalgte Familier har været mest iøjnefaldende hos Draphavre og Rødkløver.

Hvis disse Ulemper skal afværges og sikre, fortsatte Fremskridt naas, maa der søges andre Arbejdsmetoder, men før disse andre Metoder bringes under Diskussion, skal vi se lidt nærmere paa Arvelighedsforholdene, saaledes som de arter sig hos Planter med udpræget Fremmedbefrugtning.

Hvad arver Organismen fra sit Ophav? Gengiver Afkommet i den konstante Sort eller »Rene Linie«, som er det mest stabile, vi kender, Moderindividets Egenskaber nøjagtigt, som vi ser dem for vore Øjne, uafhængigt af ydre Kaar? Nej, det gør det ikke. Arveligt er kun Anlægget, den bestemte Maade at reagere over for Ydrebetingelserne paa. De Egenskaber hos Individet, som vi ser og opfatter, er Resultatet af denne Reaktion paa en bestemt Konstellation af Ydrebetingelserne. Livstypen, opfattet paa denne Maade, er, som *W. Johannsens* grundlæggende Undersøgelser har vist, konstant¹⁾. Afkommet af et Individ af en en-typet, frøegte Sort bevarer de samme Anlæg

¹⁾ Sml. *W. Johannsen*: »Arvelighedslærens Elementer«, København 1905, eller »Elemente der exakten Erblighkeitslehre«, Jena 1909.

konstant og uanfægtet fra Generation til Generation, selv om Vækstkaarene er underkastede store Svingninger, i en Generation er gunstige, i en anden ugunstige o. s. v.

Men Livstypen, der hos selvbefrugtende Planter, Byg og Hvede f. Eks., fremtræder som en sluttet Enhed, viser sig ved nærmere Undersøgelse at være betinget af flere, indbyrdes uafhængige Anlæg. Billedligt kan det siges, at den repræsenterer en arvelig Ligevægtstilstand, den forholder sig til de Anlæg, hvoraf den fremgaar, som Molekulet til Atomet. Om dette Forhold har talrige Krydsningsforsøg givet Oplysning. Et Eksempel vil genkalde Mendels Krydsningslov i Læserens Erindring¹⁾. Eksemplet laaner vi fra Baur²⁾. Det drejer sig om to Sorter af Løvemund, *Antirrhinum majus*, som er forskellige i Blomstens Farve (den ene har røde, den anden elfenbensfarvede Blomster), en Forskel, som her skyldes et eneste arveligt Anlægs Tilstedeværelse eller Mangel.

Krydses disse to Sorter med hinanden, faar samtlige Planter i 1. Afkomsgeneration bleggrøde Blomster. Fortsættes Avlen videre paa den Maade, at Bastardplanterne befrugtes ved Selvbestøvning eller med Støv fra hinanden, finder der i den følgende Generation, den anden Bastardgeneration, en Spaltning Sted, og man faar Planter med røde, med bleggrøde og med elfenbensfarvede (i det følgende for Simpelheds Skyld betegnede hvide) Blomster, gennemsnitlig i ganske bestemte indbyrdes Talforhold, nemlig:

$$\frac{1}{4} \text{ rød} \quad \frac{2}{4} \text{ bleggrød} \quad \frac{1}{4} \text{ hvid}$$

Naar herefter rød befrugtes med Støv fra rød, bleggrød med Støv fra bleggrød og hvid med Støv fra hvid, vil man i den følgende Generation finde, at rød og hvid nedarver Blomsterfarven fuldkommen konstant ligesom Forældrearterne, medens Afkommet efter bleggrød fremdeles spalter i de samme tre Farver og med samme indbyrdes Talforhold, $\frac{1}{4}$ rød, $\frac{2}{4}$ bleggrød og $\frac{1}{4}$ hvid. Fortsættes Avlen, faar man Generation efter Generation samme Resultat. I 10. Generation, som i 1., er bleggrød stadig Bastard, og Planter med røde og hvide Blomster er, hver Gang de viser sig, konstante med det samme.

¹⁾ Gregor Mendel: »Versuche über Pflanzenhybriden«, 1865 og 1869. Ostwalds Klassiker, Leipzig 1901.

²⁾ Erwin Baur: »Einführung in die experimentelle Vererbungslehre«, Berlin 1911.

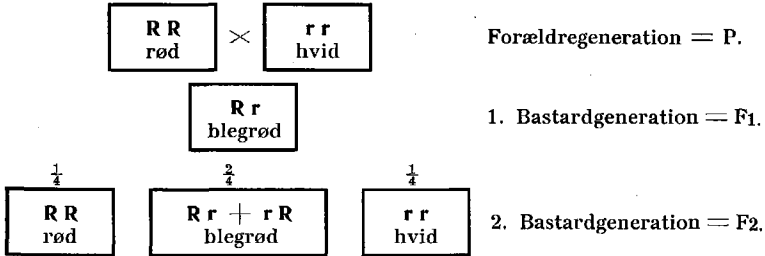
De to Karakterer, rød og hvid Blomsterfarve, eller, som man opfatter det, rød og Mangel paa rød, danner et karakteristisk mendelsk Egenskabspar. Og Tilfældet er ganske typisk for et saadant Egenskabspars Forhold ved Krydsning, kun at den positive Egenskab, her rødt, i andre Tilfælde kan være saa stærkt fremtrædende hos Bastarden, at Bastardindividerne ved en umiddelbar Betragtning ikke lader sig skelne fra de ægte, her røde, Individer. Man kalder dette Forhold Dominans og betegner den af de to Egenskaber i Parret, som tilsyneladende behersker Bastarden, som den dominerende Egenskab. Men da Spaltningen foregaar efter samme Talforhold uden Hensyn til, om den ene Egenskab dominerer i Bastardplanterne, eller om disse danner Mellemformer mellem Forældreplanterne, behøver vi ved den følgende talmæssige Analyse ikke at tage videre Hensyn til Dominansforholdet.

Spaltningsfænomenet kan bringes paa Formel ud fra følgende Betragtning: Det ny Individ opstaar ved Forening af en hanlig og en hunlig Kønscelle. I vort Eksempel danner Planter af den konstant røde Race kun Kønsceller med Anlæg til rødt, disse Celler betegnes **R**. Det ny Individ, der opstaar ved Forening af to saadanne Celler faar Formlen **RR**. Men Planter af den konstant hvide Race danner kun Kønsceller, som mangler Anlæg til rødt. Disse Celler betegnes **r**, og et Individ, som opstaar ved Forening af to saadanne Celler, faar Formlen **rr**. Bastarderingen mellem disse to Racer kan vi herefter betegne ved **RR** $\times$ **rr**. Her vil enhver Kønscelle, **R**, af det ene Køn møde en Celle, **r**, af det andet, og Afkomsindividet, Bastarden, vil faa Formlen **Rr** eller **rR**, alt eftersom rød eller hvid er Moder, et Forhold, der dog i Almindelighed ikke øver Indflydelse paa Afkommets Beskaffenhed.

Denne Bastard, **Rr**, har imidlertid bevaret Evnen til at producere Kønsceller af begge Slags og under normale Forhold producerer den gennemsnitlig lige mange af hver. Ved Selvbefrugtning eller indbyrdes Befrugtning mellem Bastardindividerne vil derfor fire forskellige Forbindelser være mulige og gennemsnitlig indtræde med samme Hyppighed:

Ægcelle R	træffer	Sædcelle R	og giver et Individ, RR , med røde Blomster
— R —	—	r —	— Rr , med blegrode —
— r —	—	R —	— rR , — blegrode —
— r —	—	r —	— rr , — hvide —

Det simple mendelske Skema kan herefter fremstilles saaledes:



I det følgende vil vi betegne et Individ som konstant i enhver Egenskab, for hvilken Anlægget er dobbelt til Stede i dets Celler, altsaa for Egenskaben AA, aa, RR, rr o. s. v., men som Bastard i enhver Egenskab, for hvilken Anlægget kun er enkelt, altsaa: Aa, . . . Rr o. s. v.

Eksemplet lader sig let udvide til at omfatte en Forskel hos Forældreindividerne i to eller flere indbyrdes uafhængige Egenskabspar.

Vi følger fremdeles *Baur*: Foruden Racer med den karakteristisk løvemundformede Blomst (normal Blomsterkrone) forekommer der hos *Antirrhinum* Racer med pelorisk, σ : her næsten regelmæssig Blomsterkrone. Krydser man nu et Individ af en konstant Race med hvid, normal Blomsterkrone med et andet af en konstant Race med rød, pelorisk (σ : ikke normal) Krone, faar man i 1. Bastardgeneration en blegrød, normal Blomst, idet normal Blomsterform dominerer over unormal Form. Spaltningen forløber fuldkommen regelret efter følgende Skema:

rr NN hvid, normal		×	RR nn rød, unormal		
Rr Nn blegrød, normal					P.
					F ₁ .
RR NN rød, normal	RR Nn rød, normal	Rr NN blegrød, normal	Rr Nn blegrød, normal		
RR Nn rød, normal	RR nn rød, unormal	Rr nN blegrød, normal	Rr nn blegrød, unormal		
rR NN blegrød, normal	rR Nn blegrød, normal	rr NN hvid, normal	rr Nn hvid, normal		
rR Nn blegrød, normal	rR nn blegrød, unormal	rr nN hvid, normal	rr nn hvid, unormal	F ₂ .	

Man vil se, at der ved denne Krydsning blandt 16 mulige Kombinationer er 4 konstante, 2 som Forældrene, nemlig 1 med rød, unormal og 1 med hvid, normal Blomsterkrone, og 2 ny Kombinationer, nemlig 1 rød, normal og 1 hvid, unormal. For øvrigt er blandt de andre mulige Kombinationer 8 Bastarder med Hensyn til den ene Egenskab (4 i Blomstens Farve og 4 i Blomstens Form) og 4 er Bastarder i begge Egenskaber. Til de talmæssige Konsekvenser af disse Forhold vil vi atter komme tilbage. Hyppig er nu en enkelt Egenskab, som f. Eks. Blomstens Farve, betinget af en lang Række Anlæg, og undertiden kan til Gengæld det samme Anlæg vise sin Virkning i helt forskellige Organer. I visse Tilfælde betinger Tilstedeværelsen af et Anlæg Udviklingen af et eller flere andre, og det maa i Almindelighed antages, at Tilstedeværelse eller Fraværelse af et Anlæg paavirker, om end ofte svagt, alle eller en Del af Plantens øvrige Anlæg, saaledes at der, som fremhævet af *Nilsson-Ehle*¹⁾, opstaar Gradationer i de enkelte Egenskabers Styrke. Men alt dette og meget andet, der vel kan forvirre Billedet af Spaltningens Forløb, bryder ikke Spaltningsloven, der ganske synes at beherske den arvelige Variation blandt Organismer med kønslig Formering.

Hvad vil Følgen af denne Spaltning blive i en almindelig, uren Sort under forskellige Befrugtningsforhold?

Først skal vi undersøge, hvorledes det gaar, naar alt Bastardens Afkom formeres videre ved Selvbefrugtning, under Forudsætning af, at alle er lige frugtbare. For en Plante, som er Bastard i et Egenskabspar, gælder følgende mendelske Skema:

Generation:											Konstant:											
											Hyppighed af	Bastard										
											AA	Aa	aa									
F1	Bastard Aa										1		0:1									
F2	1 AA		2 Aa						1 aa		1	2	1	1:1								
F3	4 AA		2 AA		4 Aa				2 aa		4 aa		3	2	3	3:1						
F4	16 AA		8 AA		4 AA		8 Aa		4 aa		8 aa		16 aa		7	2	7	7:1				
F5	64 AA		32 AA		16 AA		8 AA		16 AA		8 aa		16 aa		32 aa		64 aa		15	2	15	15:1

¹⁾ »Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen«. I. og II. Lund. 1909—1911; jvf. Referat Side 156.

Mendel har herefter givet følgende Formel for Antallet af forskellige Individformer i den nte Generation:

$$(2^n \div 1) AA + 2 Aa + (2^n \div 1) aa$$

Man finder heraf Forholdet: Konstant: Bastard =

$$(2^n \div 1) : 1$$

Det følger heraf, at man i en Bevoksning af Planter med Selvbestøvning, hvor Fremmedbefrugtning kun undtagelsesvis indtræder, ganske overvejende vil have at gøre med fuldkomne konstante Typer. Her er det alene Valget mellem de foreliggende Typer, som er Forædlingens vanskelige Punkt. Da man kun undtagelsesvis kan bedømme en Sorts Kvaliteter paa Grundlag af et enkelt Individ og for Planter, hvor Udbyttet af Frø e. l. i Forhold til det beslaglagte Areal kommer i Betragtning, end ikke skønsmæssig kan afgøre Sortens Værdi, selv om mange Individer foreligger, saa kommer det egentlige Forædlingsarbejde til at bestaa i, ved Dyrkningsforsøg at sammenligne et stort Antal »Rene Linier«, Afkom efter enkelte Individer, og paa Grundlag af Resultaterne at vælge de bedste ud.

I Arvelighedsforskningen har man efter *W. Johannsen* almindelig indført Betegnelsen »Ren Linie« for det ublandede Afkom efter et enkelt Individ af en konstant Race. Linien er ren uden Hensyn til Antallet af Generationer fra Stamindividet, saa længe alle dens Individer har præcis samme arvelige Beskaffenhed. I Arvelighedsforskningen er det i mange Tilfælde nødvendigt for at opnaa sikre Resultater at arbejde med rene Linier, og hvor det er muligt, maa det samme Princip følges ogsaa i det praktiske Forædlingsarbejde. Men af en hvilken som helst Sort kan der dannes Millioner af Linier, der hver for sig tilfredsstiller Definitionen, kun vil disse Linier i Massevis være indbyrdes identiske i arvelige Anlæg. Den mindste systematiske Enhed, den konstante Race, Sort eller Stamme, derimod, omfatter alle saadanne indbyrdes identiske Linier, ja alle Individer med præcis de samme Anlæg, uden Hensyn til Findested og Oprindelse. Svovlsyre er Svovlsyre, hvor og hvordan den er fremstillet. Sorten kan foreligge ren eller blandet, men den rene Linie ophører at eksistere, naar Blanding eller Krydsning indtræder. Udtrykket, Ren Linie, der saaledes delvis betegner et Arbejdsprincip, bør derfor næppe anvendes i Stedet for Sorts- eller Racebetegnelsen.

Vi har set, hvordan Bastarden Aas Afkom arter sig ved fortsat Selvbefrugtning. Hvorledes bliver nu Forholdet ved fortsat Fremmedbefrugtning (Krydsning) inden for dette Afkom under Forudsætning af, at alle Forbindelser indtræder lige let? Nedenstaaende Skema vil illustrere dette.

Generation:		Hyppighed af AA Aa aa Konstant: Bastard			
F ₁	Bastard Aa	1 0:1			
F ₂	AA 2 Aa aa	1	2	1	1:1
Naar hver Plante danner lige mange Kønsceller, fremkommer disse i Forholdet $A + A + A + A : a + a + a + a$ eller lige hyppigt A og a. Ved fri Forbindelse mellem Kønscellerne faar man da atter i 3. Generation					
F ₃	AA 2 Aa aa	1	2	1	1:1
og fremdeles i n ^{te} Generation					
F _n	AA 2 Aa aa	1	2	1	1:1

Her er den første Generation, der kun omfatter Bastarden, forskellig fra alle følgende Generationer i hvilke Bastarder og konstante Kombinationer optræder med lige Hyppighed, saa længe Befrugtning finder Sted mellem Afkomsindividerne indbyrdes, og ingen uvedkommende Fædre tilstedes Adgang. Denne typiske Forskel mellem 1. Individ, Udvalgsindividet, og dets Afkom er af ikke ringe Betydning i Forædlingsarbejdet.

Er 1. Slægtled Bastard i 2 Egenskaber, faar man følgende Forhold mellem konstante Former og de forskellige Bastardgrader i 2. og følgende Slægtled:

Generation:		Konstant: Bastard		
F ₁	Bastard Aa Bb	0:1		
F ₂ ...F _n	Konstant	Bastard i 1. Egenskab		Bastard i begge Egenskaber
	AA BB	AA Bb	Aa BB	Aa Bb
	AA bb	AA bB	aA BB	aA Bb
	aa BB	aa Bb	Aa bb	Aa bB
	aa bb	aa bB	aA bb	aA bB
1:3				

Hvis Ophavsindividet er Bastard i 3 Egenskabspar, bliver Afkommet i 2. og følgende Generationer

Bastarder i	0	1	2	3	Egenskabspar
i et Antal af	1	3	3	1.	

Afkommet efter et Individ, som er Bastard i 4 Egenskabspar, er

Bastarder i	0	1	2	3	4	Egenskabspar
i et Antal af	1	4	6	4	1.	

Hos Arter med Fremmedbefrugtning er de enkelte Individider næsten alle Bastarder i den Betydning, hvori dette Udtryk her tages, og et Individ, udtaget paa Slump, vil gennemsnitlig være Bastard i et stort Antal Egenskabspar. Er dette Antal n , vil en Udvikling af Udtrykket $(1 + 1)^n$ ved hver af sine $n + 1$ Led angive det indbyrdes Forhold mellem Antallet af Individider i 2. og følgende Bastardgeneration, som er Bastarder i 0 til n Egenskabspar. For $n = 10$ har man saaledes et Afkom, som er

Bastard i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Egenskabspar
i et Antal af	1	10	45	120	210	252	210	120	45	10	1	i alt 1024,

man har da Forholdet: Konstant : Bastard = 1 : 1023, eller omtrent et konstant Individ for hver 1000, som er Bastard i en eller flere Egenskaber.

Antallet af forskellige Egenskaber, den arvelige Variation, er højst forskellig hos forskellige Arter og Sorter, nogle varierer meget, andre kun lidt. Af Stortoppet Rapgræs, *Poa fertilis*, kan man undersøge Hundreder af Planter uden at finde en eneste, som synligt afviger fra de øvrige i Karakter, medens til Gengæld Eng-Rapgræs, *Poa pratensis*, er meget formrig. Beden har talrige Form- og Farvevariationer ogsaa inden for de enkelte Underarter, Foderbede, Rødbede, Sukkerbede og Bladbede, og Rugen, som ingen udprægede Sorter fremviser, varierer dog, om end i ringere Grad, i et stort Antal Egenskaber. Hundegræs, *Dactylis glomerata*, som er ganske ny som Kulturplante og endnu ikke paavirket gennem Forædlingsbestræbelser, er en meget formrig Art; det er næppe muligt at finde to Individider, som ikke paa et eller andet Punkt divergerer. Fig. 1 vil vise forskellige Toptyper af denne Art, og Fig. 3 vil ligeledes illustrere Variationen¹⁾. Efter et groft Skøn kan vi som Holdepunkt for vore Raisonnementer opstille følgende Antal Egenskabspar hos denne Art, idet vi stadig erindrer, at samme

¹⁾ Sml. ogsaa *Hernfrid Witte*: »Om formrikedommen hos våra viktigare vallgräs«, Sveriges Utsädesförenings Tidskrift 1912; jvf. Referat i nærværende Bind.

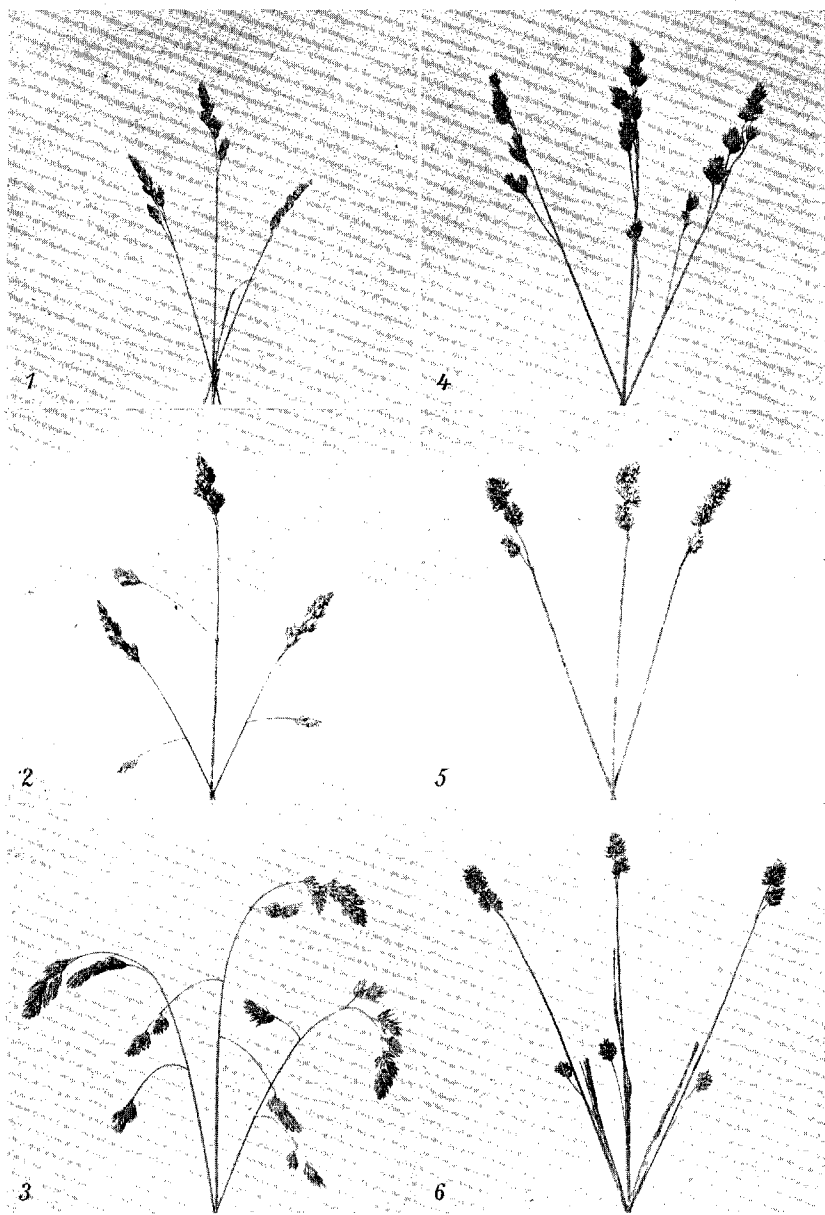


Fig. 1. Forskellige Toptyper af Hundegræs.
 Nr. 1 og 2 og ligeledes Nr. 4, 5 og 6 er Helsødkende.

Egenskab meget vel kan være bestemt af et stort Antal selvstændige Anlæg og at flere Egenskaber meget jævnlig kan være afhængige af samme Anlæg. Det maa f. Eks. antages, at Topformen alene, som tilsyneladende omfatter et Utal af Typer, er bestemt af en lang Række Anlæg.

1	Støvknep-Farve.....	pigmenteret	—	pigmentfri
2	— -Form.....	lang	—	kort
3	Antal Blomster i Smaaakset ...	stort	—	lille
4	Smaaaksets Akse	sejg	—	skør
5	Toppens Lapper	forlængede	—	korte
6	— —	store	—	smaa
7	Toppen	pigmenteret	—	grøn
8	—	rigt forgrenet	—	grenfattig
9	—	lang	—	kort
10	Topgrene.....	bløde	—	stive
11	—	oprette	—	udspærrede
12	Stængler	høje	—	lave
13	Bladskeder.....	lange	—	korte
14	—	haarede	—	glatte
15	Blade.....	brede	—	smalle
16	—	mørke	—	lyse
17	Vækst	opret	—	opstigende
18	—	tidlig	—	sildig
19	Haardførhed	stor	—	ringe
20	Modtagelighed for Rust.....	stor	—	ringe.

Rækken kunde gøres meget længere, og 20 krydsende og spaltende Egenskabspar tør sikkert anses for et Minimum hos en hvilken som helst geografisk Sort eller saakaldt Stamme af Hundegræs.

Hvilke er nu de talmæssige Konsekvenser af denne Forudsætning?

Med 20 Egenskabspar vilde der være $2^{20} = 1\,048\,576$ mulige, konstante Kombinationer, Kombinationer altsaa, i hvilke alle Anlæg var dobbelt til Stede, og af hvilke hver enkelt Plante ved Selvbefrugtning vilde give Afkom præcis af samme Slags, som den selv. Men det samlede Antal af mulige Kombinationer vilde være meget større, nemlig $(2^{20})^2$ eller noget over en Billion, og Forholdet: Konstant: Bastard, vilde altsaa omtrent være 1:1 Mill. En fuldstændig Oversigt over samtlige Kombinationer vilde tage megen Plads, idet Variationsskemaet, naar Formlen for hver enkelt Kombination optog 10 cm^2 , vilde spænde over ca. 10 Mill. m^2 eller ca. 1000 ha. En Mand, der daglig eksaminerede 1000 Planter, vilde med en

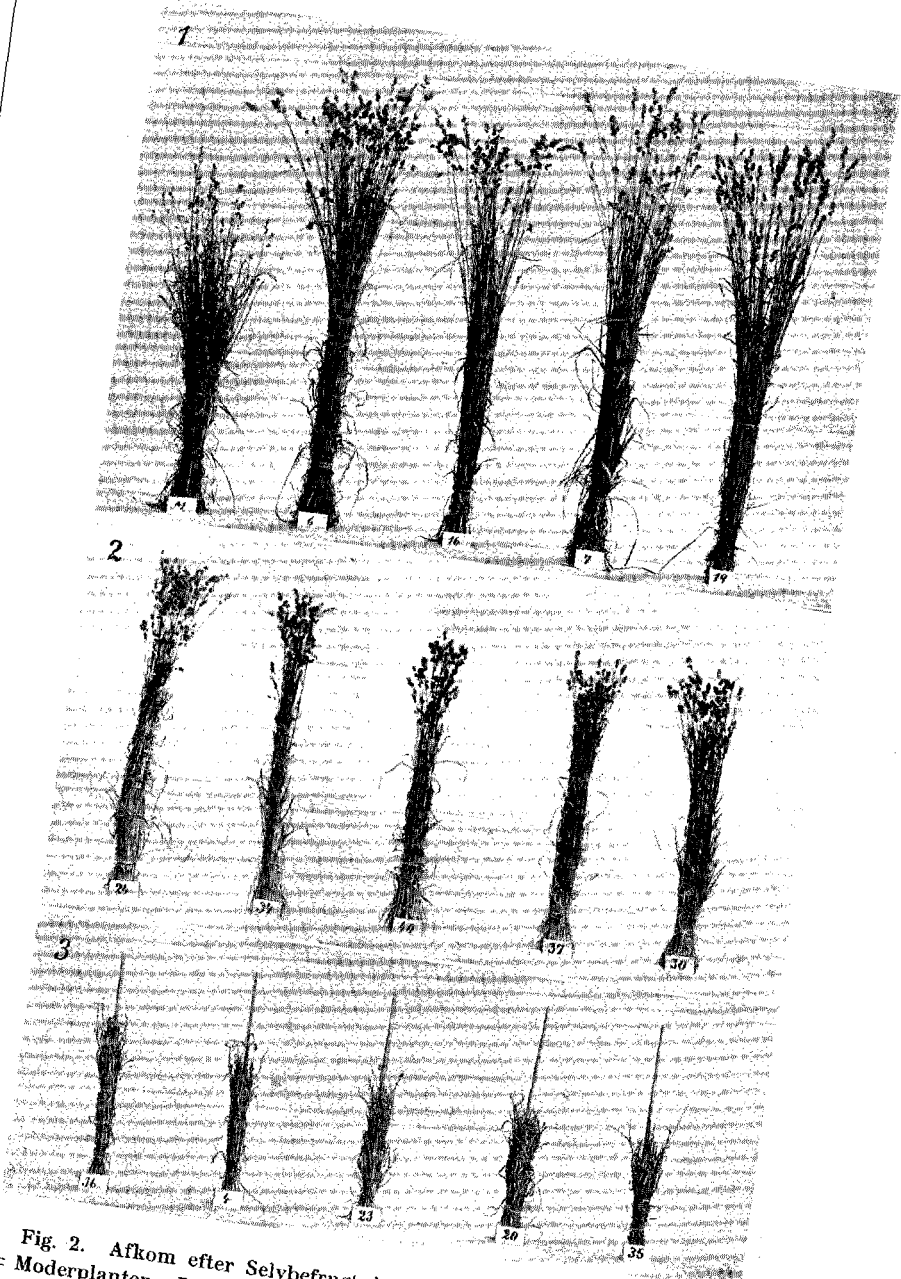


Fig. 2. Afkom efter Selvbeftugning af Hundegræsplante Nr. 113.
 M = Moderplanten. Blandt 40 Sødskende er her udtaget: 1) 4 høje, normale
 Planter, 2) 5 lave, normale og 3) 5 med fejlslaede Blomster, helt eller næsten
 golde Planter.

Sæson af 25 Dage om Aaret gennemsnitlig een Gang hvert 40. Aar træffe en Plante, som var konstant i alle Egenskaber, og kun een Gang i hver 40 Mill. Aar vilde han genfinde den samme Kombination. Nu kommer hertil, at det ikke vilde være muligt selv for en meget habil Mand ved en Undersøgelse af Plantens Ydre at afgøre, om en Plante, der vandt hans Bifald, nedarvede konstant eller ej, dertil vilde kræves en nærmere Undersøgelse ogsaa af dens Afkom. Dette illustrerer, forekommer det mig, hvor haabløst det i mange Tilfælde vil være gennem een Gangs Udvalg af et Moderindivid, lad det være eet blandt 100 eller 1000, ved fortsat Fremmedbefrugtning at opnaa noget i Retning af en bedre og mere konstant Sort.

Hvilket Middel har man da til blandt dette Utal af ubestandige Former at finde og befæste de ønskede Typer?

Vi begyndte med at undersøge det talmæssige Forhold mellem Afkommet af en Bastard ved fortsat Selvbefrugtning og fandt, at de ubestandige Egenskabskombinationer, at Bastarderne, gik hurtigt tilbage i Antal for at give Plads for konstante Kombinationer, $\circ$: frøegte Typer. Hvis det er muligt at gennemføre Selvbefrugtning hos Arter med naturlig Fremmedbefrugtning, vil det altsaa være muligt ogsaa her at frembringe konstante Former og virkelig frøegte Sorter, idet man blandt de heldigste, konstante Former vælger sine nye Sorter. At Spaltningen hos en saadan naturlig Bastard kan foregaa med samme Præcision som f. Eks. hos kunstige Bastarder af Løvemund, viser Fig. 2, som omfatter en Moderplante af Hundegræs med en Del af sit Afkom efter selvbefrugtet Frø. I dette Tilfælde foregaar der en Spaltning i omkring ved en halv Snes Egenskaber. Til Illustration er valgt Sødskendegrupper, som er forskellige i meget iøjnefaldende Egenskaber, nemlig Højde og Blomsterstand. Mellemløberne, Bastarderne med Hensyn til disse Egenskaber, er udeladte.

Lad os nu se, hvordan det maatte antages at gaa, om vi i vort Hundegræseksempel indførte Selvbefrugtning:

Vi regnede med, at 20 Egenskabspar varierede indbyrdes uafhængigt. En Udvikling af Binomiet $(1 + 1)^{20}$ giver os i hvert af sine 21 Led Antallet af Individer, som er Bastarder i 0, 1, 2, 3 . . til 20 Egenskaber. Antallet er, som vi har set, højst ulige fordelt mellem disse Klasser, kun et Individ er konstant og kun et Bastard i alle Egenskaber for hver 1845 756

Individer, som er Bastard i 10 Egenskaber. 50 pCt. (nøjagtigere 49.66 pCt.) af samtlige Individer er Bastarder i 9 til 11 Egenskaber, omtrent 74 pCt. er Bastarder i 8 til 12 Egenskaber og 99 pCt. i 5 til 15 Egenskaber. Udtages Individer paa Slump, vil omkring Halvdelen være Bastarder i 9 til 11 Egenskaber, medens henvend $\frac{1}{4}$ har flere og $\frac{1}{4}$ færre Bastardegenskaber. Lad os til Illustration af Selvbefrugtningens Indflydelse paa Descendenterne regne med en udvalgt Plante, som er Bastard i netop 10 Egenskabspar. Kaldes Antallet af varierende Egenskabspar for N, medens Antallet af Generationer, i hvilke Selvbefrugtning har fundet Sted, betegnes ved n (den første Spaltningsgeneration, F_2 , er her 1. Generation), kan man under de givne Forudsætninger finde Antallet af Individer, I_N , af hver Bastardgrad i hver enkelt Generation af Formlen

$$I_N = (1 + (2^n \div 1))^N, \quad ^1)$$

som i Tabel 1 er udviklet for $N = 10$ og $n = 1$ til 6. For Overskueligheds Skyld er Antallet inden for hver Generation angivet i pCt. af det samlede Antal.

Tabel 1. Ved fortsat Selvbefrugtning af Afkommet af et Individ, som er Bastard i 10 Egenskaber, vil Individer af de forskellige Bastardgrader fremkomme i følgende Talforhold.

Antal Egenskaber, i hvilke Individet er Bastard	Antal Individer i pCt. i hver af følgende Generationer						
	F ₁ Ophav	F ₂ (1+1) ¹⁰	F ₃ (1+3) ¹⁰	F ₄ (1+7) ¹⁰	F ₅ (1+15) ¹⁰	F ₆ (1+31) ¹⁰	F ₇ (1+63) ¹⁰
10	100	0.1	—	—	—	—	—
9		1.0	—	—	—	—	—
8		4.4	—	—	—	—	—
7		11.7	0.3	—	—	—	—
6		20.5	1.6	—	—	—	—
5		24.6	5.8	0.4	—	—	—
4		20.5	14.6	2.3	0.2	—	—
3		11.7	25.1	9.3	1.9	0.3	—
2		4.4	28.2	24.2	10.5	3.4	1.0
1		1.0	18.8	37.5	34.9	23.6	13.5
0 = konstant i alle Egenskaber		0.1	5.6	26.4	52.5	72.8	85.5
I alt . . .	100	100	100	100	100	100	100

— = mindre end 0.05 pCt.

¹⁾ Sml. E. M. East: »Heterozygosis in evolution and in plant breeding«. Washington 1912.

I 1. Generation, F_2 , er der et konstant Individ og et som Moderen — Bastard i alle Egenskaber — omtrent for hvert Tusinde Individuer. Men Individuer af Moderens Beskaffenhed tager af med rivende Hast, medens de konstante Typer tager til. I 6. Generation, F_7 , er omtrent 85 pCt. af samtlige Individuer konstante i alle Egenskaber, og kun et Individ er Bastard i alle Egenskaber for hver Million Billioner konstante Individuer. Disse konstante Individuer omfatter i alt 1024 forskellige Typer, der alle i alle de omhandlede Egenskaber er forskellige fra Ophavsindividet, idet de alle er konstante i hver enkelt af de 10 Egenskabspar, i hvilke denne er Bastard. Det er nu let at forstaa, at et overvældende Antal af Ophavsindivider, udtagne paa Slump af en gennemkrydset, blandet Bevoksning, kun har, hvad man med en forældet Opfattelses Terminologi vilde kalde en ringe Nedarvningsevne. Efter den her udviklede Sammenhæng, maa vi udtrykke dette Forhold saaledes, at samtlige Individuer har nøjagtig lige stor Nedarvningsevne, men det, de nedarver, er deres arvelige Anlæg, og disse kan være forskellige hos Individuer af omtrent samme Udseende.

Hvordan svarer nu de almindelig anvendte Fremgangsmaader ved Forædlingen til Formaalet ved saadanne fremmedbestøvende Planter, hvor Selvfrugtbarheden er saa meget ringere end Frugtbarheden over for fremmed Støv, at man normalt kan regne med, at Afkommet fremgaar af Fremmedbefrugtning?

Af Runkelroer drives med Forædling som Formaal »Familieavl« efter følgende Skema: Der udtages paa Slump ca. 100 Roer af den Sort, der ønskes forbedret. Disse udplantes til Frøavl sammen, saaledes at de indbyrdes kan bestøve hinanden, medens de i Almindelighed ved Afstand er adskilt fra andre Frøroer. Med Frø af disse Roer anstilles Dyrkningsforsøg, i hvilke hver Roes Afkom dyrkes for sig. I Forsøget bedømmes disse — lad os kalde dem Sødskenderækker — først efter ydre Egenskaber, Form og Farve, og i Reglen kasseres uden nærmere Undersøgelse saadanne Sødskenderækker, som indeholder mange grenede Roer, mange Stokløbere eller som har andre iøjnefaldende Skavanker. Af de øvrige Rækker bestemmes Masseudbyttet og Tørstofindholdet i Roerne, og blandt de Rækker, som kommer højest i Tørstofudbytte,

f. Eks. de 10 højeste, udtages atter vel formede Roer til fortsat Avl paa samme Maade. Nu kan højeste Tørstofudbytte naas af Former med relativt lavt Masseudbytte, men høj Tørstofprocent, saavel som af Former med relativt højt Masseudbytte, men lav Tørstofprocent, og i Almindelighed vil begge Typer forekomme mellem de udvalgte Roer.

Hvor meget tør det i Almindelighed antages, at dette Udvalg virker forandrende paa Ophavssorten? De 100 første Individider vil tilsammen indeholde praktisk taget alle Modersortens Anlæg og disse vil være repræsenterede omtrent i de samme Talforhold, som hos denne, kun med en svag Nedgang i Anlæg for afvigende Farve og Form. Forudsætter vi stadig Fremmedbefrugtningens dominerende Overvægt, saa vil Afkommet af hver enkelt Roe have alle de øvrige 99 Roer til Fædre. Gode og onde Fædre har lige Chance. De, hvis Afkom senere kasseres paa Grund af Stokløbning, Grenethed eller lavt Udbytte, har alle som Fædre befordret deres onde Anlæg over i de udvalgte Mødres Afkom. Og naar vi i Overensstemmelse med den foregaaende Fremstilling anser Befrugtningen for en reel Proces, ved hvilken Sædcellen og Ægcellen med lige Vægt overfører Ophavsindividets Anlæg, er dette et meget betænkeligt Forhold. Man kan saaledes gennemsnitlig sætte: Fader = Ophavssorten, Moder = den enkelte udvalgte Roe. Og i alle de Egenskaber, i hvilke Moderen afviger fra Flertallet af Sortens Individider, vil Flertallet af Fædrene afvige fra hende og det meste af hendes Afkom i 1. Generation blive Bastarder i disse Egenskaber. Denne Generation vil saaledes i netop disse, i Reglen de attraaede, Egenskaber overvejende svare til Bastardgenerationen, F_1 , ved kunstig Krydsning. Og først i næste og følgende Generationer, naar en Spaltning har fundet Sted, vil »Familien« ved fortsat indbyrdes Bestøvning bevare den for Haanden værende Typeblanding.

Det vil herefter let forstaas, at denne »polyandriske Familieavl« uden Kontrol med Fædrene kun fører langsomt mod Maalet og i Reglen kun har magre Resultater at opvise.

Langt mere rationel i Princippet er Husdyravlens »polygyne Familieavl«, hvor et udvalgt Handyr benyttes til mange udvalgte Hundyr. Men i denne Avl er man hæmmet af det ringe Individtal, de faa Generationer, som staar til den enkelte Husdyrbrugers Raadighed.

De sikreste og hurtigste Resultater giver, hvor den lader sig gennemføre, en »autogam Familieavl«, ved hvilken hvert Individ befrugtes med sit eget Støv, men hertil kommer vi atter tilbage.

Forædlingsarbejdet med Kløver og Græs drives mest primitivt, idet man her i Almindelighed kun een Gang udvælger Moderindivider, hvis Afkom med tilfældige Fædre derefter danner Stammen. En vegetativ Formering af disse Moderindivider, hvorved hver Plante kan give mere Frø, som Praksis ofte er ved de varige Græsarter, vil lidet nytte for Flertallet af disse Arter, hvor Frugtbarheden ved Selvbestøvning er saa meget ringere end Frugtbarheden ved Fremmedbestøvning, at man maa regne med, at næsten alt Frø fremgaar af Fremmedbefrugtning. Vi har set, at Afkommet efter det enkelte, udvalgte Individ netop i de Egenskaber, i hvilke dette afviger fra Hovedmassen af Sortens Planter, overvejende maatte fremtræde som Bastard og saaledes frembyde en falsk Lighed med Moderen, idet afvigende Typer vilde komme frem i langt større Tal i næste og følgende Generationer. Og idet Valget mellem de udvalgte Familier finder Sted netop i denne Generation, vælges der let forkert. Naar hertil kommer, at anden tilfældig Krydsning tit finder Sted ved de udvalgte Familiers yderligere Formering, kan det ikke forbavse, naar vi her ved Tystofte finder, at saavel Stationens egne forædlede Stammer som de fremmede Stammer, der er indsendte hertil til Forsøg, af mange Arter tilsyneladende viser lige saa store Variationer som de almindelige Handelssorter, der aldrig har været underkastede Forædling. Fig. 3 vil illustrere dette Forhold.

Man vil heraf forstaa, at „Kontrol med Faderen“ er en haardt tiltrængt Reform i Forædlingsarbejdet med fremmedbefrugtende Planter, og at den sikreste og største Virkning af Udvalget naas gennem fortsat Selvbefrugtning af de udvalgte Moderindivider.

Men Avl, baseret paa Selvbefrugtning, frembyder Vanskeligheder, hvis Størrelse det paa Forhaand er lidt svært at vurdere. Hos tvebo Arter er Selvbefrugtning udelukket (Humle, Hamp), og hos Arter med tvekønnede Blomster er der mange forskellige Grader af Selvfrugtbarhed, Rødkløver, f. Eks., er praktisk taget selvsteril¹⁾, og hos et stort Antal Græsarter er

¹⁾ Se: Om Rødkløverens Bestøvning, I. c., Side 2.

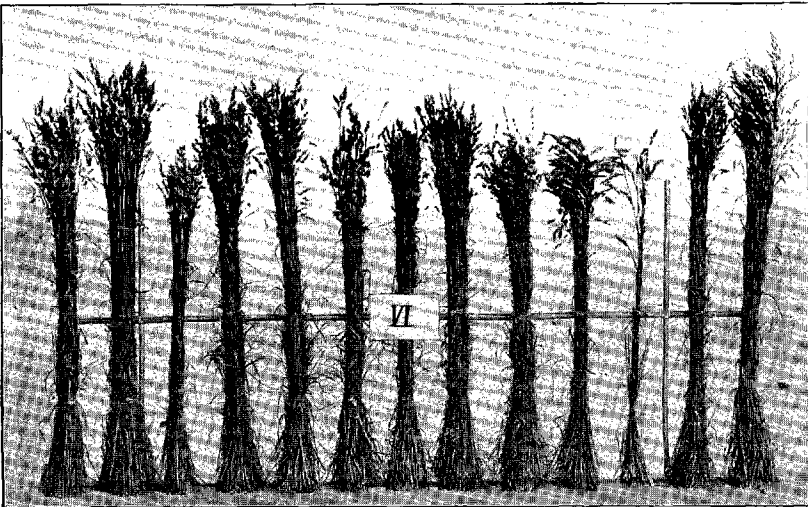
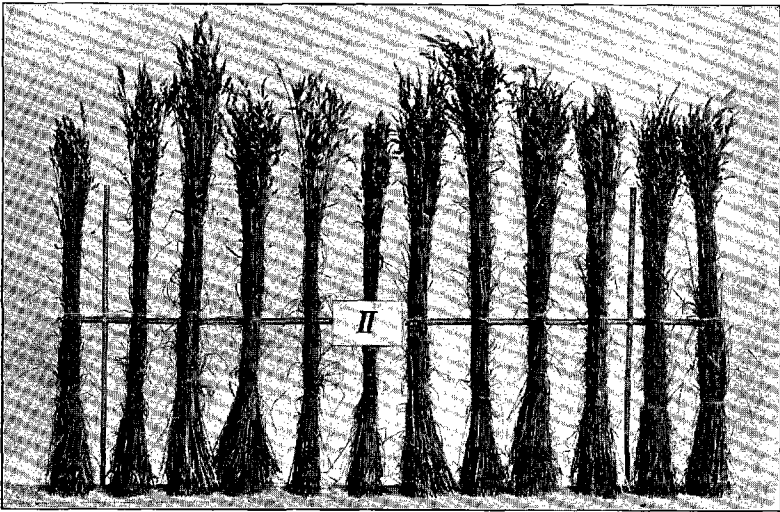


Fig. 3. II. Enkelte Planter af en Stamme dansk Hundegræs, som ikke har været Genstand for Forædling. VI. Enkelte Planter af en forædlet Stamme, Afkom i 4. Generation efter eet Individ.

Frøansættelsen ved Bestøvning med Plantens eget Støv langt ringere end ved Bestøvning med Støv fra andre Planter af samme Art. Fra flere af de almindelig dyrkede Græsarter kan

man vente omkring ved 10 Gange saa meget Frø ved Fremmedbestøvning som ved Selvbefrugtning, dog med store individuelle Variationer¹⁾. Af Hundegræs, Eng-Svingel, Timothe, Rævehale og Rajgræs har vi af nogle faa indelukkede Blomsterstande i de fleste Tilfælde faaet Frø nok for Formaalet (50—100 Frøkorn). Om Selvfrugtbarheden yderligere vil aftage ved fortsat Indavl, er endnu et aabent Spørgsmaal.

En anden Vanskelighed, som vi har frygtet, er den, at Selvbefrugtning skulde give mindre frodige Planter end Fremmedbefrugtning, d: at de konstante Typer skulde være mindre frodige af Vækst end Bastardtyperne. Erfaringen med Majs gaar i denne Retning. Der foreligger herover smukt gennemførte Undersøgelser af de amerikanske Forskere *Shull*²⁾ og *East*³⁾, som uafhængigt af hinanden er komne til samme Resultat: Ved Selvbefrugtning staar Afkommet allerede i 1. Generation kendeligt tilbage i Frodighed og Kærneudbytte for Forældretypen; Nedgangen fortsættes, men er betydelig ringere i de følgende Generationer og synes snart helt at ophøre. De delvis eller helt konstante Typer, man efterhaanden faar frem, er meget forskellige i Frodighed, nogle kan næppe vedligeholdes ved Frøformering, medens andre nærmer sig Forældreformen i Yppighed og Frugtbarhed. Krydses nu to af disse delvis konstante Typer indbyrdes, opnaar man straks i Bastardgenerationen meget kraftige Planter, som synes at overgaa de oprindelige Forældreformer i Frodighed og Kornudbytte. I 2. Generation, efter at en delvis Spaltning er indtraadt, gaar Planterne atter lidt tilbage i Udbytte. Dette viser, at Væksten hos Majs foregaar med størst Energi, naar Planten er Bastard i mange Egenskaber, men derimod er noget nedstemt i de konstante Typer. Der kendes flere andre Eksempler paa, at Bastarden overgaar Forældreformerne i Frodighed, men ganske vist ogsaa Eksempler paa det omvendte Forhold. Dog heller ikke det ovenfor skildrede Forhold hos Majs udelukker en Forædling paa Grundlag af konstante Typer, kun maa i et saadant Tilfælde Brugsfrø atter avles ved en Sammenkrydsning af de bedste Typer.

¹⁾ Vore Undersøgelser over disse Forhold vil senere blive offentliggjorte.

²⁾ G. H. Shull: Hybridization methods in corn breeding. American Breeders Magazine, Vol. I, Washington 1910.

³⁾ I. c., Side 15.

Her ved Tystofte har vi nu 2—3 Aar gammelt Afkom efter Selvbestøvning af Hundegræs og Timothe og endnu har jeg ikke set noget tydeligt Eksempel paa Nedgang i Frodighed i denne 1. Generation. Forholdet vil hyppig være som vist i Fig. 2, at der freinkommer Former, som er kraftigere, og Former, som er svagere, end Moderplanten, idet der ganske alment foregaar Spaltninger i denne Generation. Af Rødkløver har vi bestøvet meget kraftige og ens udseende Sødskende- eller Halvsødskendeplanter indbyrdes og faaet et Afkom, der ligesom Forældrene overgaar vore øvrige Kløverplanter i Frodighed.

For de Plantearter, hvorom her er Tale, synes Faren for, at mere konstante Typer skal være mindre frodige i Vækst, saaledes ikke overhængende.

Vi har derfor baseret Forædlingsarbejdet paa strængt gennemført Indavl for ad denne Vej at naa helt eller næsten frøægte Former, blandt hvilke de nye Sorter kan søges. Arbejdet kræver flere Generationer, før Dyrkningsforsøg kan begynde, og det tager lang Tid, før afsluttende Resultater kan foreligge. Hertil medvirker den Omstændighed, at de fleraarige Græsarter først i deres 2. Vækstaar giver normal Stængeldannelse og først paa dette Tidspunkt kan bedømmes med Sikkerhed.

Det ydre Apparat er ganske enkelt:

Græssernes Blomsterstand indelukkes, før Blomstringen begynder, i en Pose af hvidt Lærred. Stoffet har ca. 25 Traade pr. cm, Posen er ca. 40 cm lang og 12 cm i Diameter, den er aaben i begge Ender og holdes udspændt af et Par Staaltraadsringe. Med den nederste Ende sammenbindes den om Straaene umiddelbart under Blomsterstanden, medens den øverste sammenbindes og fastgøres til en solid Stok. Posen kan blive siddende, til Frøet er modent. Fig. 4 viser en Mark med 1. Generation af Hundegræsplanter, af hvilke atter et stort Antal er indelukket til Selvbestøvning. Ogsaa Papirposer kan anvendes, men de er i Almindelighed ikke solide nok i vort blæsende og regnfulde Klima.

Kløverarternes Blomster indelukkes paa lignende Maade, men i mere aabent Stof, ca. 15 tynde Traade pr. cm, idet her kun Insekter skal holdes ude. Støv fra de udvalgte Fædre maa med en Pensel overføres paa Moderplantens Blomster. Flere Sødskendeplanter af Rødkløver har vi med Held bestøvet indbyrdes med indelukkede Humlebieer.

De mange smaa Frøprøver, der herved fremkommer, ud-
saas i flade Trækasser, 35×25 cm i Areal og 13 cm dybe,
i steriliseret Jord. Sterilisationen udføres paa den Maade, at
vaad, muldrig Jord, omtrent en Hjulbørfuld ad Gangen, lægges
paa en ca. 2 m^2 stor Jærnplade, som er anbragt i en Brink,
saaledes at der kan fyres under den med Affaldsbrænde, Tjørn
o. l. Jorden ophedes, indtil det meste Vand er fordampet, og
under Ophedningen dræbes alle Plantefrø, som den maatte
indeholde. Sterilisationen har først og fremmest til Formaal

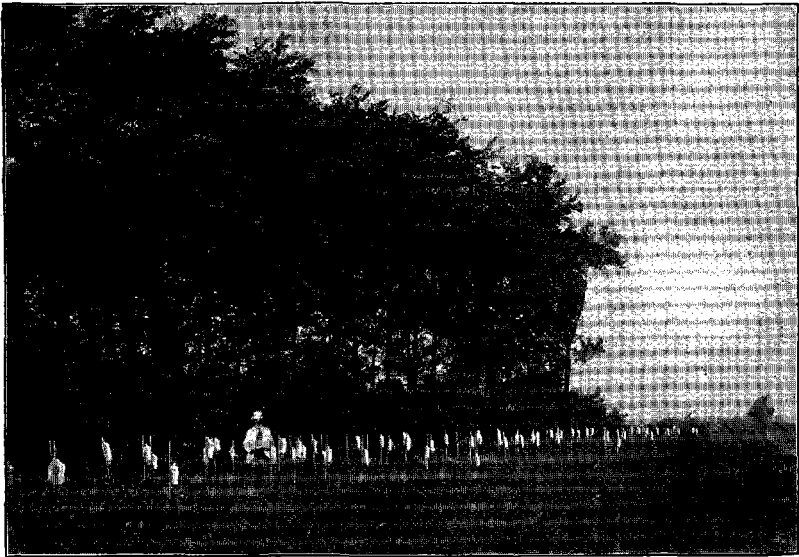


Fig. 4. Mark med Hundegræsplanter, fremgaaede af Selvbestøvning. Et stort
Antal Planter, udvalgte til fortsat Avl, er med Lærredsposer beskyttede mod
fremmed Blomsterstøv.

at tilvejebringe Jord, som er fuldkommen fri for Frø af de
Kløver- og Græsarter, som Forædlingsarbejdet gælder, saaledes,
at Indblandinger og Forvekslinger kan undgaas, men den med-
fører samtidig den meget væsentlige Fordel, at alt Ukrudsfrø og
dyriske Snylttere, af hvad Art nævnes kan, fuldstændig ødelægges.

Saamlige Kasser anbringes i en lav Udgravning, hvor Bun-
den nivelleres i pløret Tilstand (se Fig. 5). Man kan nu, ved
at hælde Vand i Graven, vande alle Kasser paa en Gang.

Endnu bedre vilde Arrangementet svare til Formaalet, om
Graven kunde dækkes af løse Vinduer, der i regnfulde Perio-

der kunde beskytte mod overflødig Væde, Foraar og Efteraar mod Nattekulde og ved Midsommertid forhindre paatrængende Natsværmere, *Agrotis sp.*, i at anbringe deres Æg i Kasserne, hvor Yngelen, Knoporme, senere gør Fortræd.

Naar Planterne har naaet en passende Størrelse, udplantes de enkeltvis i Marken, i Almindelighed med saa stor Plads, at hvert enkelt Individ kan udvikle sig uafhængigt af sine Naboer. Under saadanne Vækstbetingelser bedømmes de enkelte Individder med størst Sikkerhed.

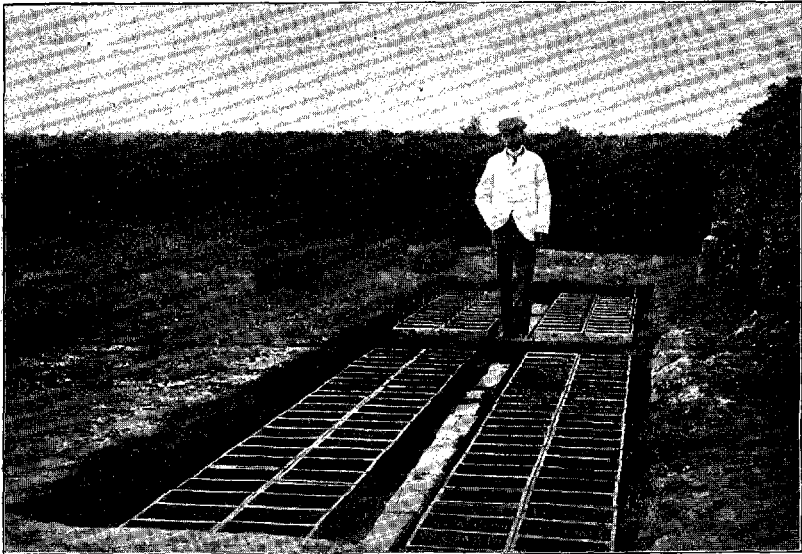


Fig. 5. I Kasserne udsaaes Frø af enkelte Planter. Senere udplantes de unge Planter paa Blivestedet.

Om Eftersommeren har vore unge Plantninger lidt under Angreb af Knoporme. Disse har vi med Held bekæmpet med forgiftet Brød efter amerikansk Mønster: 1 kg tørt Hvedebrød sammenælttes med $\frac{1}{2}$ kg Sukkeropløsning, hvortil sættes ca. 25 g Schweinfurtergrønt. Af denne Dejj udlægges en lille Klump ved hver Plante. Saa længe Brøddet er fugtigt, foretrækker Larverne det for Planten, og en ringe Dosis deraf dræber dem hurtigt.

Vi har hidtil indskrænket os til Arbejder, der kunde udføres i Marken. Naar Forholdene maatte tillade det, vil ogsaa Laboratorieundersøgelser blive tagne op i det Omfang, som Forædlingsarbejdet maatte gøre ønskeligt.