

Anvendelse af ufuldstændige blokforsøg i sortsafprøvninger – en undersøgelse i bederoer

*Use of incomplete block designs in variety trials
– an investigation in beets*

Kristian Kristensen

Resumé

Anvendelse af ufuldstændige blokforsøg i sortsafprøvning med bederoer har reduceret LSD-værdien med gennemsnitlig 16% og 25% for henholdsvis rod- og toptørvægten. Disse resultater er baserede på 5 forsøg ved Roskilde, der blev analyseret både som ufuldstændige og fuldstændige blokforsøg.

En analyse af 17 andre forsøg anlagt med fuldstændige blokke på 7 andre steder viste, at man formentlig også der kan forvente en reduktion af LSD-værdien, såfremt forsøgene disse steder fremover anlægges med ufuldstændige blokke.

Analyserne tyder på, at den relative reduktion af LSD-værdien er størst i forsøg, hvor LSD-værdien ellers ville have været forholdsvis stor.

Det anbefales at benytte ufuldstændige blokke i forsøg med mere end 8–10 bederoesorter. Da anvendelse af systematisk parcellfordeling kan medføre visse systematiske fejl, anbefales det desuden at randomisere sorterne inden for blokke. Parcellerne bør som hidtil anlægges med længderetningen gående på tværs af marken.

Nøgleord: Sortsafprøvning, sortsforsøg, ufuldstændige blokke, bederoer.

Summary

The use of incomplete block designs in variety trials with beets has reduced the LSD-value on average by 16% for root dry weight and 25% for top dry weight. The results were obtained by analysing 5 experiments at Roskilde as an incomplete block design and comparing them with the results of a complete block analysis.

A reduction of the LSD-value at 7 different locations could also be expected if incomplete block designs were used at those locations. This was indicated by analysing 17 trials designed with complete blocks.

The analyses indicate that the greatest reductions in the LSD-value in general were found in trials where the LSD-value otherwise would have been large.

It is recommended that variety trials with beets should be incomplete block designs, when there are more than 8–10 varieties in a trial. Randomization should always be used, because systematic designs may bias the varieties performance. The plots should – as usual – be sown with the rows running across the field.

Key words: Variety trials, incomplete block designs, beets.

Indledning

Igennem mange år har danske sortsforsøg traditionelt været anlagt som rækkeforsøg med en systematisk parcellfordeling. I forsøg, hvor alle gentagelser har ligget i en parcellrække, var sortsrækkefølgen oftest den samme i alle gentagelser (fig. 1a). I de forsøg, hvor gentagelserne var fordelt på flere parcellrækker, har rækkefølgen oftest været forskudt et antal pladser i forhold til den 1. række (fig. 1b). Når der var mere end 2 rækker, har gentagelserne oftest været forskudt et forskelligt antal pladser i rækkerne.

Da sortsrækkefølgen – bortset fra en evt. forskydning – er den samme i alle gentagelser og alle forsøg, får en bestemt sort næsten altid de samme to sorter som naboer. Såfremt en af sorterne har en ekstrem svag eller kraftig vækst, kan det påvirke nabosorternes udbytte og kvalitet. Herved vil man kunne få enten en systematisk over- eller undervurdering af sorternes dyrkningsegenskaber. I de forsøg, der er benyttet i denne undersøgelse, er risikoen for en sådan systematisk over- eller undervurdering formodentlig elimineret kraftigt ved anvendelse af værnerækker langs parcellernes sider og værnerplanter i begge ender af parcellen.

I de forsøg, hvor sortsrækkefølgen ikke er forskudt, kan et jævnt stigende eller faldende udbytt niveau fra den ene til den anden ende af marken også forårsage en systematisk over- eller undervurdering af sorternes dyrkningsegenskaber. Hvis der i eksemplet i fig. 1a findes jævnt stigende udbytt niveau i pilens retning, vil udbyttet for sort A blive systematisk for lille. Dette skyldes, at sort A i hver gentagelse indtager den dårligste plads. På tilsvarende vis ses, at udbyttet for de øvrige sorter i forskellig grad vil blive enten over- eller undervurderet.

I forsøg, hvor sortsrækkefølgen er forskudt, vil forskydningerne bevirke, at disse systematiske over- eller undervurderinger bliver mere eller mindre udlignet; men en jævnt faldende eller stigende udbyttevariation vil her betyde, at den beregnede forsøgsfejl vil blive for stor (*Dorph-Petersen, 1972*).

Da de enkelte forsøg oftest indgår i en større serie af forsøg, vil en evt. over- eller undervurdering, forårsaget af en systematisk udbyttevariation i marken, blive delvis udlignet i en samlet opgørelse. Det vil nemlig være usandsynligt at finde den samme type frugtbarhedsvariation i alle marker.

Ved anvendelse af systematisk parcellfordeling har man desuden en vis risiko for, at f.eks. visuelle bedømmelser – ubevist – bliver påvirket af bedømmeren, idet denne ofte let kan huske sortsrækkefølgen fra gentagelse til gentagelse.

Ovenfor er nævnt nogle forhold, der bevirker, at sorters udbytteegenskaber kan være systematisk over- eller undervurderet i forsøg med systematisk parcellfordeling. Selv om dette ikke betyder, at de oftest er det, må det være rimeligt at sikre sig herimod – ikke mindst da det må forventes, at de systematiske over- og undervurderinger kan være betydelige.

Den mest benyttede metode hertil er randomisering, hvorved sorterne fordeles tilfældigt inden for et bestemt areal. En sådan randomisering bevirker, at det vil være meget usandsynligt, at en bestemt sorts dyrkningsegenskaber bliver ensidigt overvurderet – eller undervurderet – i alle gentagelser. Dette gælder ved anvendelser af marker med den oven for beskrevne jævnt stigende frugtbarhedsgradient – samt ved andre ikke kendte frugtbarhedsvariationer. Dertil

kommer, at alle sorter oftest vil få nye naboer fra gentagelse til gentagelse, hvorfor systematiske nabovirkninger elimineres.

Ulemperne ved randomisering er dels, at forsøgenes »demonstrationsværdi« bliver mindre, og dels at det praktiske arbejde bliver lidt mere kompliceret. Det lidt mere komplicerede arbejde kan dog minimeres væsentligt ved anvendelse af edb. Sårarbejdet kan eksempelvis lattes, hvis man får udskrevet en fortegnelse, der for hver sort angiver de parcelnumre, hvori sorten skal være. Registreringsarbejdet kan foretages med en fortløbende parcelnummerering som identifikation. Efter indkodning af registreringerne, kan edb-anlægget påsætte sortsbetegnelser og udskrive registreringerne i en hensigtsmæssig rækkefølge – f.eks. sortsvis.

I forsøg med mange forsøgsled eller store parceller kommer den enkelte blok til at dække et stort areal. Dette bevirker oftest, at frugtbarhedsvariationen inden i blokken bliver stor (*Dorph-Petersen, 1972*, og andre). For at reducere det areal, den enkelte blok dækker, kan man benytte ufuldstændige blokforsøg, dvs. forsøg hvor hver blok ikke indeholder alle sorter, og der bliver derfor flere blokke, end der er gentagelser i forsøget.

Sådanne forsøgsplaner har man kendt i mange år. De mest benyttede har været de såkaldte Lattice planer (se f.eks. *Cochran & Cox, 1957*). De traditionelle Lattice planer findes imidlertid ikke for ethvert antal sorter, hvilket har gjort anvendelsen uhensigtsmæssig i sortsafprøvningen (*Patterson et al., 1978*). I 1976 publiceredes (*Patterson & Williams, 1976*) en gruppe forsøgsplaner kaldet alpha-designs, som er væsentlig mere flexible end de ovenfor nævnte Lattice planer. Alpha-designs kan benyttes i forsøgsplaner med 2, 3 eller 4 gentagelser og med mellem 10 og 100 sorter. Blokkene kan samles i hele gentagelser, og blokstørrelsen kan vælges inden for ret vide grænser. Disse planer anvendes i stor udstrækning i britiske sortsafprøvninger (*Patterson et al., 1978*).

Anvendelse af ufuldstændige blokforsøg (især Lattice) har forbedret sikkerheden væsentligt i mange afgrøder (*LeClerg, 1966*). I forædlingsfor-

søg med sukkerroer fandt *Yndgård (1980)*, at anvendelse af Lattice-planer i et flertal af forsøgene forbedrede sikkerheden væsentligt.

Hvis blokeffekterne kan antages at være normalfordelte, kan sikkerheden ikke forringes ved anvendelse af Lattice-forsøg (*Yates, 1940*) og heller ikke i forannævnte alpha-designs (*Patterson & Williams, 1976*). Det synes derfor nærliggende at forsøge disse forsøgstyper anvendt i danske sortsafprøvninger.

Materialer

I 1979 og 1980 blev forsøgene med foderbeder og sukkerroer ved Roskilde forsøgsstation anlagt med ufuldstændige blokke – dog således, at de samtidig kunne analyseres som et traditionelt forsøg med fuldstændige blokke. Samtidig blev sorternes placering i blokkene og blokkenes placering i gentagelserne randomiseret. I 1981 blev forsøgene med sukkerroer anlagt på tilsvarende vis. I et forsøg på at rationalisere det praktiske forsøgsarbejde i marken, blev parcellernes længderetning i 1979 drejet 90 grader, således at roerækkerne var på langs i marken (fig. 1c) i stedet for på tværs (fig. 1d). På de øvrige forsøgssteder var forsøgene anlagt – på sædvanlig vis – som rækkeforsøg med systematisk parcellfordeling. I tabel 1 er vist en oversigt over de anvendte forsøg. Parcellerne har i alle forsøg bestået af 4 rækker med en rækkeafstand på ca. 60 cm. Parcellerne har været ca. 15 m lange. Ved optagning er kun registreret ca. 12–13 m af de to midterste rækker. Dette giver et nettoareal på ca. 15 kvadratmeter ud af hele parcellens ca. 35 kvadratmeter.

Korrektion for blokforskelle

Da hver blok i et ufuldstændigt blokforsøg ikke indeholder alle sorter, bliver det nødvendigt at korrigere de simple gennemsnitstal op eller ned, afhængigt af om sorten har været placeret i blokke med et gennemsnitligt frugtbarhedsniveau under eller over hele arealets gennemsnitlige frugtbarhedsniveau. Nødvendigheden af disse korrektioner kan illustreres ved følgende simplificerede eksempel (se s. 538):

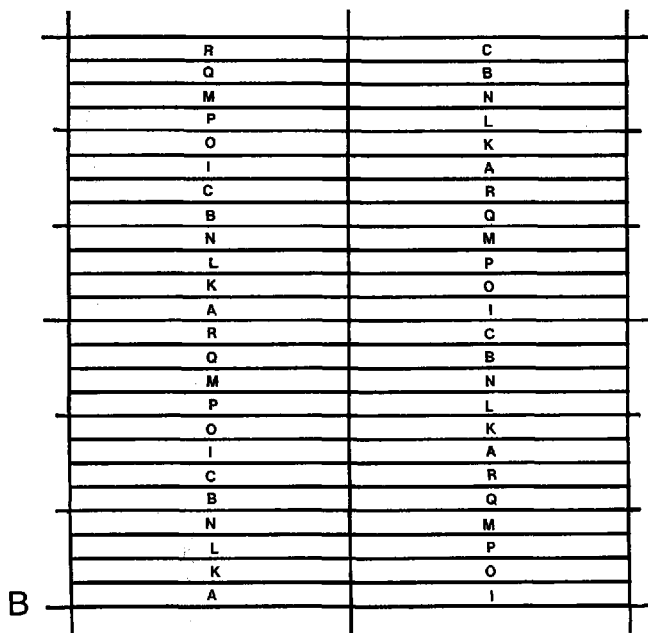
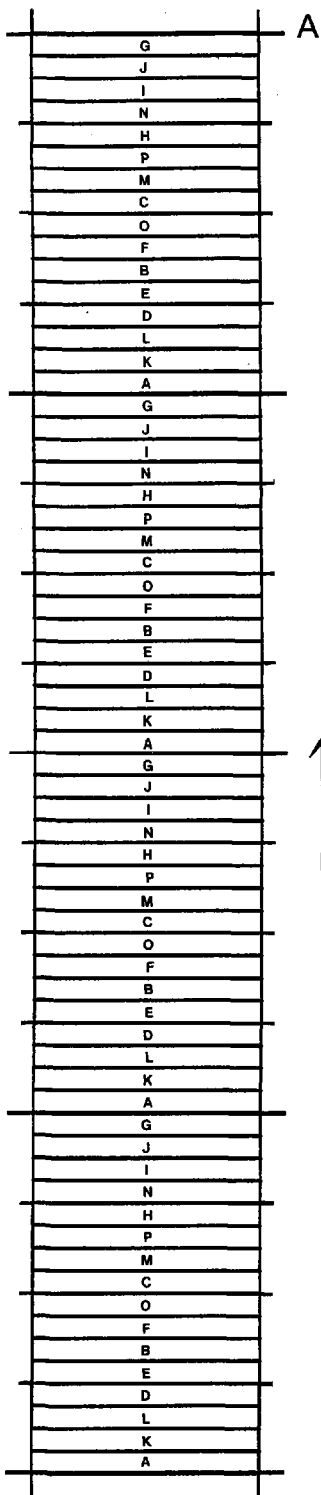


Fig. 1 Parcellfordeling i marken (ikke præcis skala).

Plot layout in the field (scales not exact).

- a) Foderbeder ved sted 2 i 1979. Parcelstørrelse: Brutto $15,0 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$. Netto $12,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$. 16 parceller danner en gentagelse. Ufuldstændige blokke er siden formet ud fra 4 naboparceller. *Sugar beets at location 2 in 1979. 16 plots form a complete replicate. Postconstructed incomplete blocks are formed from 4 neighbour plots.*
- b) Foderbeder ved sted 6 i 1980. Parcelstørrelse: Brutto $14,25 \text{ m} \times 2,50 \text{ m}$. Netto $12,25 \text{ m} \times 1,25 \text{ m}$. Der er to gentagelser i hver kolonne. Ufuldstændige blokke er siden formet ud fra 4 naboparceller i samme kolonne. *Fodder beets at location 6 in 1980. Postconstructed incomplete blocks are formed from 4 neighbour plots within a column. There are two complete replicates in each column (one in the top end and one in the bottom end).*
- c) Sukkerroer ved sted 1 i 1979. Parcelstørrelse: Brutto $15,0 \text{ m} \times 2,4 \text{ m}$. Netto $12,0 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$. 4 kolonner eller 1 række danner en gentagelse. De 4 parceller i hver kolonne danner en ufuldstændig blok. *Sugar beets at location 1 in 1979. 4 columns or 1 row form a complete replicate. The 4 plots in each column form an incomplete block.*
- d) Sukkerroer ved sted 1 i 1980. Parcelstørrelse: Brutto $15,0 \text{ m} \times 2,2 \text{ m}$. Netto $12,0 \text{ m} \times 1,1 \text{ m}$. 4 rækker på figuren danner en fuldstændig gentagelse. De 4 parceller i samme gentagelse og samme kolonne danner en ufuldstændig blok. *Sugar beets at location 1 in 1980. 4 rows in the figure form a complete replicate. The 4 plots within the same replicate and the same column form an incomplete block.*

L	E	M	A	I	H	F	K	N	B	P	C	G	O	D	J
K	F	J	P	L	D	C	M	G	O	I	E	H	N	B	A
H	O	I	B	A	E	N	G	D	J	F	M	C	P	L	K
N	G	D	C	O	P	J	B	A	H	K	L	I	M	F	E

C

D

C	V	S	F
U	A	L	Q
G	R	T	P
I	K	B	N
C	G	U	R
B	V	K	P
A	T	L	S
F	Q	N	I
N	K	Q	U
C	G	A	S
R	P	I	V
T	B	L	F
R	S	K	L
Q	A	I	P
U	N	T	V
B	G	F	C

Gentagelse	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
Blok	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6
Sort	C	D	B	A	C	A	D	B	D	A	B	C
Udbytte	35	36	38	37	38	37	42	41	45	43	50	50

Markplan med konstrueret udbyttotal.

De simple gennemsnitstal (tabel 2) viser, at sort A giver 4 hkg mindre end sort B. Hvis vi tager hensyn til blokforskellene, finder vi imidlertid, at sort A kun giver 1 hkg mindre end sort B. Dette kan forklares på følgende måde: Da sort A og sort B kun findes i samme blok i 1. gentagelse, må vi benytte indirekte sammenligninger, hvis vi vil sammenligne sort A og sort B i 2. og 3. gentagelse. Eksempelvis kan vi sammenligne sort A i blok 5 med sort B i blok 4 ved at benytte sort D. Vi ser, at sort A giver 2 hkg mindre end sort D, og at sort B giver 1 hkg mindre end sort D. Heraf får vi, at sort A giver 1 hkg mindre end sort B – da (45–43)–(42–41) er 1. Samme resultat kunne være nået ved følgende argument: af sort D fremgår det, at udbyttet i blok 5 er 3 hkg større end i blok 4. Før vi sammenligner sort A med sort B i disse to blokke, må vi derfor trække 3 hkg fra udbytterne i blok 5, og vi får 41–(43–3) lig 1 hkg. På tilsvarende vis kan vi sammenligne sort A og B i blok 3 og 6 ved at benytte sort C i sammenligningen.

I virkelige forsøg får vi – på grund af forskellige

Tabel 2. Gennemsnitstal.
Means of constructed data.

Sort	Simple gennemsnit <i>Simple means</i>	Korrigerede gennemsnit <i>Adjusted means</i>
A	39	40
B	43	41
C	41	41
D	41	42

variationsårsager – ikke præcis samme udbytteforskelle ved alle sammenligninger. Sortsvirkningerne bliver da behæftet med en vis usikkerhed. De indirekte sammenligninger er selvfølgelig behæftet med en større usikkerhed end den, der kan fås ved en direkte sammenligning i samme blok. I mange forsøg vil nogle sortspar forekomme hyppigere i samme blok end andre sortspar. Selv om man planlægger forsøgene således, at forekomsten af alle sortspar er så ligelig som muligt, og at fordelingen i øvrigt tilstræber, at alle sortspar kan sammenlignes med nogenlunde samme sikkerhed, må man regne med at skulle benytte 2–3 forskellige LSD-værdier ved forsøgsopgørelsen.

For at lette sammenligningen af sorterne korrigerer man de simple gennemsnitstal op eller ned – afhængigt af, om den pågældende sort har ligget i blokke med en gennemsnitlig frugtbarhed under

Tabel 1. Oversigt over de anvendte forsøg.
Design data of the used trials.

Art	*) Sted	Antal								
		gentagelser			parcelrækker			sorter		
		1979	1980	1981	1979	1980	1981	1979	1980	1981
Sukkerroer	1	4	4	4	4	4	4	16	16	16
	2	4	–	–	2	–	–	15	–	–
	3	6	6	6	1	1	2	15	16	16
	4	6	4	4	1	1	1	15	16	16
	5	4	4	4	1	1	1	15	16	16
Foderbeder	1	4	4	–	4	4	–	16	12	–
	2	3	–	–	1	–	–	16	–	–
	6	4	4	–	2	2	–	16	12	–
	7	6	6	–	3	2	–	16	12	–
	8	4	4	–	2	2	–	16	12	–

*) Sted 1 er Roskilde, hvor forsøgene har været randomiseret og anlagt som ufuldstændige blokforsøg.
Location 1 is Roskilde where experiments were randomized and laid out as incomplete block designs.

eller over den gennemsnitlige frugtbarhed for hele arealet. Disse korrigerede gennemsnitstal (tabel 2) kan så benyttes ved sammenligning af sorterne. Eksempelvis fremgår det direkte af disse, at udbyttet af sort A er 1 hkg mindre end sort B.

De korrektioner, der udføres for at tage hensyn til de enkelte blokkes forskellige frugtbarhed, er behæftet med en vis usikkerhed. Denne usikkerhed er analog til den ekstra usikkerhed, der indføres ved indirekte sammenligninger. Ved anvendelse af den metode, der er eksemplificeret ovenfor, indfører man altså en ekstra usikkerhed. Det betyder, at anvendelsen af metoden kun er fordelagtig, hvis variationen inden for blokke reduceres så meget, at der fuldt ud kompenseres for den ekstra usikkerhed, der indføres ved korrektionen.

Ved den anførte metode udnyttes kun den information, der er inden for blokkene, i sortssammenligningerne. Såfremt udbyttene i de enkelte blokke kan antages at være normalfordelte, er det muligt også at udnytte noget af den information, der ligger i blokkenes totaludbytter (Yates, 1940). (Blokke med mange højtydende sorter har af denne grund et højt udbytteneiveau, og man skal derfor ikke korrigere fuldt ud for blokforskellene). Kan man både benytte den information, der er inden for blokkene og den, der er mellem blokkenes totaludbytter, bliver sortssammenligningen altid mindst lige så sikker, som i et tilsvarende forsøg med fuldstændige blokke (Yates, 1940). Ved analysering af data fra Roskilde er begge metoder benyttet – og sammenlignet med en analyse, hvor forsøget betragtes som et fuldstændigt blokforsøg.

Sammenligningsmetode

Ved sammenligning er benyttet LSD₉₅-værdier. LSD-værdien er den mindste forskel mellem et forudvalgt sortspars udbytter, som er signifikant på 5%-niveauet ved benyttelse af den pågældende analysemetode.

Parvise sammenligninger mellem en række sorter bør dog kun udføres ved hjælp af LSD-værdien, hvis F-værdien for sorter er signifikant (Cramer & Swanson, 1973, og andre).

Tabel 3. LSD₉₅-værdier ved sammenligning af sorterne. De anførte værdier for metode B og C er en form for gennemsnit af LSD-værdierne for alle mulige sortspar. *LSD-values for comparing varieties. The values for method B and C are a kind of mean LSD-value over all possible pairs of varieties.*

Art	Analysemetode*)	Rod tørvægt			Top tørvægt		
		1979	1980	1981	1979	1980	1981
Sukkerroer	A	12.7	8.4	6.0	4.6	6.6	6.7
	B	9.5	9.2	5.7	5.2	4.3	4.0
	C	8.9	8.4	5.3	4.5	4.1	3.8
Foderbeder	A	10.5	6.8	–	4.1	6.1	–
	B	7.0	7.5	–	4.8	3.9	–
	C	6.6	6.7	–	4.1	3.6	–

*) A: Sædvanlige fuldstændige blokke.

Complete randomized block analysis.

B: Ufuldstændige blokke – kun informationen inden for blokke benyttes.

Incomplete block analysis without recovering of inter-block information.

C: Ufuldstændige blokke – både informationen inden for og mellem blokke benyttes.

Incomplete block analysis with recovering of inter-block information.

Resultater

For at undersøge, om anvendelsen af ufuldstændige blokke ved Roskilde har gjort sammenligningen af sorter sikrere, er der beregnet LSD-værdier for hver af de tre analysemetoder. I tabel 3 er disse LSD-værdier vist. Det fremgår heraf, at LSD-værdierne reduceres væsentligt i nogle forsøg, når der benyttes ufuldstændige blokke i stedet for sædvanlige blokke indeholdende alle sorter. Dette gælder således for rod tørvægt i 1979 og top tørvægt i 1980 og 1981. Reduktionen ved anvendelse af ufuldstændige blokke er især stor i de forsøg, hvor anvendelsen af sædvanlige, fuldstændige blokke ville have givet en stor LSD-værdi (tabel 3). Dette bevirker, at LSD-værdierne er mere ens ved anvendelse af ufuldstændige blokke (analysemetode B og C) end ved anvendelse af fuldstændige blokke (analysemetode A). Af tabel 3 fremgår også, at de LSD-værdier, der alene er baseret på informationen inden for ufuldstændige blokke (analysemetode B) i nogle tilfælde er større end de tilsvarende LSD-værdier

for et fuldstændigt blokforsøg (analysemetode A). Dette betyder, at anvendelsen af ufuldstændige blokke kan være en ulempe i nogle tilfælde, hvis man udelukkende benytter analysemetode B. Benyttes derimod både den information, der er inden for og mellem de ufuldstændige blokke (analysemetode C) er LSD-værdierne aldrig større end ved anvendelse af fuldstændige blokke.

Ved Roskilde var den gennemsnitlige reduktion af LSD-værdien ca. 16% for rod tørvægten og ca. 25% for top tørvægten. En reduktion af LSD-værdien med 16% og 25% kunne alternativt have været opnået ved at øge antallet af gentagelser med henholdsvis 42% og 78%. Det vil sige, at de ufuldstændige blokforsøg med 4 gentagelser i gennemsnit var lige så effektive som sædvanlige fuldstændige blokforsøg med henholdsvis 5,7 og 7,1 gentagelser. De enkelte ufuldstændige blokforsøg med 4 gentagelser har været lige så effektive som sædvanlige blokforsøg med fra 4 til 11 gentagelser.

I forsøgene med bederoer har kun forsøgene ved Roskilde været anlagt som ufuldstændige blokforsøg. Jordvariationen på det sted, hvor forsøget udføres, er afgørende for, om man får en stor, lille eller ingen reduktion af LSD ved at anvende ufuldstændige blokforsøg i stedet for fuldstændige blokforsøg. Derfor kan resultaterne fra Roskilde ikke direkte overføres til andre steder. Det ville være interessant at få et udtryk for, om det også vil være formålstjenligt at anlægge forsøgene på de andre steder med ufuldstændige blokke. Til dette formål er udregnet estimater for de LSD-værdier, man ville have fået, hvis disse forsøg havde været anlagt som ufuldstændige blokforsøg med 4 gentagelser. I forsøgene med 15 sorter blev data grupperet, som om forsøgsarealet havde været inddelt i blokke med 5 sorter i hver blok – og i de øvrige forsøg, som om der havde været 4 sorter i hver blok.

I tabel 4 er disse estimater vist sammen med de LSD-værdier, man ville have fået for et tilsvarende forsøg med 4 fuldstændige blokke. Det fremgår heraf, at der på alle steder har været mindst et forsøg, hvor det ville have været fordel-

agtigt at benytte ufuldstændige blokforsøg – selv om der her kun er benyttet informationen inden for ufuldstændige blokke (analysemetode B). Det er især LSD-værdierne for top tørvægten, der er blevet forbedret (13 ud af 22 forsøg mod 8 ud af 22 for rod tørvægten). I forsøgsmaterialet er der en tendens (stærkest ved Roskilde) til, at reduktionen er størst i forsøg, der har en stor LSD-værdi – når der benyttes fuldstændige blokke. Således fandtes 5 ud af de 8 forsøg, hvor LSD-værdien for rod tørvægten blev reduceret i den halvdel af forsøgene, der havde de største LSD-værdier for analysemetode A. Tilsvarende fandtes 9 ud af de 13 forsøg, hvor LSD-værdien for top tørvægten blev reduceret i den halvdel af forsøgene, der havde de største LSD-værdier for top tørvægten.

Diskussion

De fundne resultater for forsøgene ved Roskilde synes at være i god overensstemmelse med resultater fra andre ufuldstændige blokforsøg med roer.

I en undersøgelse (Yndgård, 1980), der omfattede i alt 200 forsøg med 25–100 sukkerroesorter i 1974–78 fandtes, at anvendelsen af ufuldstændige blokforsøg i gennemsnit gav en reduktion af LSD-værdien på ca. 16%. I 314 forsøg i 4 andre europæiske lande fandt Yndgård (1980) i gennemsnit en tilsvarende reduktion af LSD-værdien, dog var der forskelle fra land til land. LeClerg (1966) citerer en undersøgelse omfattende 5 forsøg med 16 sukkerroesorter og 6 gentagelser, hvor LSD-værdien for rodudbyttet i gennemsnit var reduceret med 17%. I samme undersøgelse var også inkluderet roeforsøg med flere end 16 sorter (25, 49, 64 og 169 sorter). For disse forsøg var LSD-værdien i gennemsnit reduceret med ca. 40% (fra 4% til 82%).

Også i andre afgrøder har anvendelsen af ufuldstændige blokforsøg i stedet for fuldstændige blokke givet væsentlige reduktioner af LSD-værdierne. Således fandt Patterson og Hunter (1983) i en undersøgelse omfattende 243 forsøg med værdiafprøvning i korn en gennemsnitlig reduktion af LSD-værdien på ca. 19%, når der anvendtes ufuldstændige blokforsøg.

Tabel 4. Estimater for de LSD₉₅-værdier, man ville have fået, dersom forsøgene havde haft 4 gentagelser og havde været anlagt som ufuldstændige blokforsøg med 4 (5) sorter pr. blok.

Estimates of LSD-values for (simulated) trials with 4 replicates and 4 (5) varieties in each incomplete block.

Art	Sted	Analyse- metode	Rod tørvægt			Top tørvægt		
			1979	1980	1981	1979	1980	1981
Sukker- roer	1**	A	12.7	8.4	6.0	4.6	6.6	6.7
		B	9.5*	9.2	5.7*	5.2	4.3*	4.0*
	2	A	10.6	–	–	7.2	–	–
		B	11.0	–	–	6.8*	–	–
	3	A	7.8	7.9	7.5	5.7	7.4	5.6
		B	8.4	8.4	8.8	6.1	7.8	5.2*
	4	A	8.8	8.1	7.0	5.2	5.3	5.4
		B	9.8	9.5	7.9	5.3	5.2*	6.2
	5	A	8.9	8.5	7.5	4.2	7.5	4.0
		B	9.2	9.8	7.1*	4.2*	7.5*	4.5
Foder- beder	1**	A	10.5	6.8	–	4.1	6.1	–
		B	7.0*	7.5	–	4.8	3.9*	–
	2	A	12.0	–	–	10.8	–	–
		B	11.3*	–	–	10.5*	–	–
	6	A	7.0	10.1	–	4.2	6.0	–
		B	7.4	9.6*	–	3.8*	5.0*	–
	7	A	8.4	9.5	–	6.9	6.4	–
		B	8.2*	10.4	–	6.3*	6.1*	–
	8	A	6.3	6.6	–	2.9	4.3	–
		B	5.8*	7.2	–	3.0	5.0	–

*) Sammenligninger, hvor analysemetode B gav en mindre LSD-værdi end analysemetode A.

Comparisons where method B's yield has a smaller LSD-value than method A.

**) Forsøgene ved sted 1 var anlagt som ufuldstændige blokforsøg.

The experiments at location 1 were laid out as incomplete block designs.

Formodningen om, at LSD-værdien især reduceres i forsøg med stor variation i fuldstændige blokke, bestyrkes af, at det netop er på arealer med stor jordvariation, at anvendelsen af ufuldstændige blokke er fordelagtig. Desuden bestyrkes denne formodning af, at *Kempton* og *Howes* (1981) fandt en meget tydelig sammenhæng mellem den relative reduktion af variationen og den oprindelige variation i en undersøgelse omfattende 49 forsøg med vårhvede. I denne undersøgelse var reduktionen dog ikke fremkommet ved anvendelse af ufuldstændige blokke, men ved en anden metode, der korrigerer for frugtbarhedsvariation inden for fuldstændige blokke.

Ved en konsekvent anvendelse af ufuldstændige blokke må man således forvente, at forekomsten af forsøg med store LSD-værdier vil blive sjældnere end ved anvendelse af sædvanlige fuldstændige blokke. Dette bevirker følgelig, at man i så fald vil undgå nogle af de største LSD-værdier, når enkeltforsøgene analyseres – samt at LSD-værdierne bliver mere ensartede fra forsøg til forsøg, hvis der benyttes ufuldstændige blokforsøg ved alle steder. Derfor må man formode, at forudsætningerne for den serieopgørelse, der foretages på baggrund af en række forsøg, er bedre opfyldt, når der anvendes ufuldstændige blokforsøg.

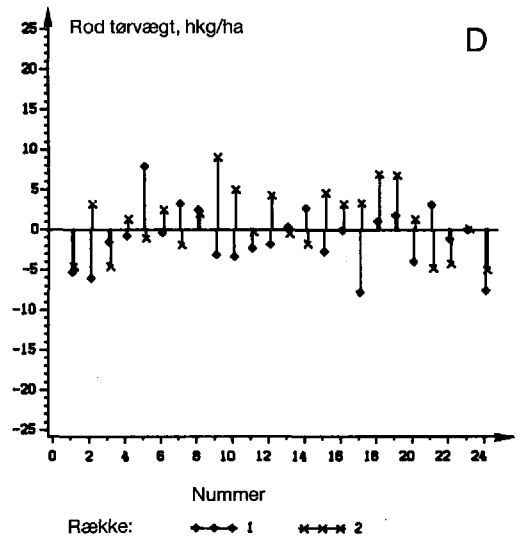
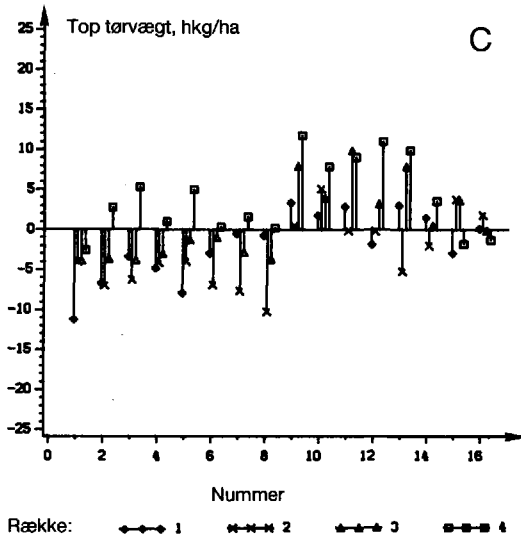
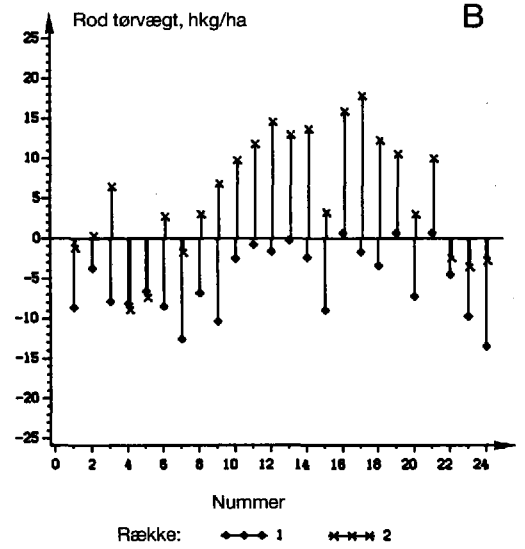
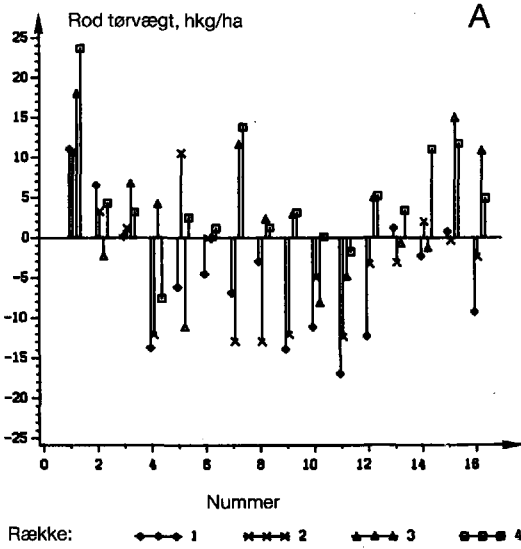


Fig. 2. Frugtbarhedsvariation på nogle forsøgsarealer. De viste udbytter er korrigeret for simple sortsforskelle og skaleret, så gennemsnittet er nul.

Yield variation on some of the experimental areas. The yields are adjusted for differences between varieties.

- a) Rod tørvægt for sukkerroer ved sted 1 i 1979.
Root dry weight of sugar beets at location 1 in 1979.
- b) Rod tørvægt for foderbeder ved sted 6 i 1980.
Root dry weight of fodder beets at location 6 in 1980.
- c) Top tørvægt for sukkerroer ved sted 1 i 1980.
Top dry weight of sugar beets at location 1 in 1980.
- d) Rod tørvægt for foderbeder ved sted 8 i 1980.
Root dry weight of fodder beets at location 8 in 1980.

De to forsøg med bederoer ved Roskilde i 1979 var anlagt således, at parcellernes længderetning var på langs i marken (fig. 1c) i stedet for som sædvanlig på tværs af marken. Herved bliver forsøgsarealet smalt og langt (næsten 250 m langt). Dette er formentlig årsagen til, at variationen netop dette år var forholdsvis stor i disse to forsøg (fig. 2a og tabel 3). De ufuldstændige blokke var dette år konstrueret således, at en blok omfattede en parcel fra hver parcelrække (de 4 med samme nummer i hver parcelrække). Derfor kunne en stor del af variationen på langs i marken korrigeres bort ved hjælp af de ufuldstændige blokke (se fig. 2a, hvor de 4 parceller med samme nummer tydeligt tenderer mod at »følges ad«).

I andre forsøg kan en stor LSD-værdi forklares på anden vis. I forsøget med foderbeder i 1980 på sted 6 skyldes den relativt store variation, at arealet har en lille frugtbarhed i nummer 1 til 8, herefter øges frugtbarheden gradvis frem til nummer 12 til 19, hvorefter den falder og igen er lav for nummer 22 til 24 (fig. 2b). Samtidig med denne variation på langs i marken er der en tydelig niveauforskelse mellem de to parcelrækker (fig. 2b). Denne niveauforskelse har dog ingen indflydelse på LSD-værdierne, da alle sorter forekommer lige mange gange i hver parcelrække.

I forsøget med sukkerroer ved Roskilde (sted 1) i 1980 er der en tydelig forskel på de 4 parcelrækker top tørvægt (fig. 2c). Da hver gentagelse omfatter 4 parceller fra hver parcelrække, får man en stor variation inden for fuldstændige blokke. De ufuldstændige blokke, der hver omfatter 4 parceller i samme parcelrække og gentagelse, kan benyttes til at korrigere for denne frugtbarhedsvariation – og man får derfor en stor reduktion af LSD-værdien ved at benytte ufuldstændige blokke.

I fig. 2d er vist et eksempel på et forsøgsareal med en relativ lille frugtbarhedsvariation.

For både Lattice-designs og de nye alpha-designs gælder, at de ufuldstændige blokke kan samles (hvilket de i praksis oftest er) i hele gentagelser. Derfor kan et ufuldstændigt blokforsøg – i marken – ikke umiddelbart skelnes fra et forsøg med fuldstændige, randomiserede blokke. Ar-

bejdsgangen i mark og ved registreringer vil derfor ikke være forskellig fra den, der må udføres ved anvendelse af fuldstændige, randomiserede blokke. Derimod kan arbejdsgangen være forskellig fra den, der hidtil har været benyttet ved anvendelsen af systematisk parcellfordeling (se indledningen side 535).

Et ufuldstændigt blokforsøg af ovennævnte type kan desuden analyseres, som om det var et forsøg med fuldstændige blokke. Det kan være relevant i forsøg, hvor anvendelsen af ufuldstændige blokke ikke har givet en reduktion af LSD-værdien. Dette anbefales ofte, hvis den relative effektivitet ikke er øget mindst 5% ved anvendelse af ufuldstændige blokke (SAS, 1981). Er den relative effektivitet øget mindst 5%, bør man udnytte inddelingen i ufuldstændige blokke og udføre den mere komplicerede variansanalyse samt beregne de korrigerede gennemsnitstal og ofte 2–3 forskellige LSD-værdier. Det ekstra arbejde hermed kan dog overlades til et edb-anlæg.

I fig. 3a og 3b er de korrigerede gennemsnitstal (analysemetode B og C) for to sukkerroeforsøg ved Roskilde i 1979 (rod) og i 1980 (top) vist sammen med de simple gennemsnitstal. Af figurerne fremgår, at korrektionen ved analysemetode B altid er større end ved analysemetode C. Dette er ikke noget specielt for de viste forsøg, idet man matematisk kan vise, at det korrigerede gennemsnitstal for analysemetode C altid vil ligge imellem det simple gennemsnitstal og det korrigerede gennemsnitstal for analysemetode B.

I nogle tilfælde bevirker korrektionen, at to sorter bytter rangfølge. Det gælder f.eks. rod tørvægt for sort H og I samt sort G og J i 1979, men de to sortspar er dog ikke signifikant forskellige ved nogle af analysemetoderne. Derimod er flere sorter, der ikke var signifikant forskellige ved anvendelse af analysemetode A, blevet det, når analysemetode B eller C benyttes. Det gælder f.eks. rod tørvægt for sort F og O i 1979 og top tørvægten for sort I og P i 1980. Der findes dog også eksempler på sortspar, som er signifikant forskellige ved anvendelse af analysemetode A, men ikke er det ved anvendelse af analysemetode B og C. Et sådant eksempel udgør top tørvægt for sort

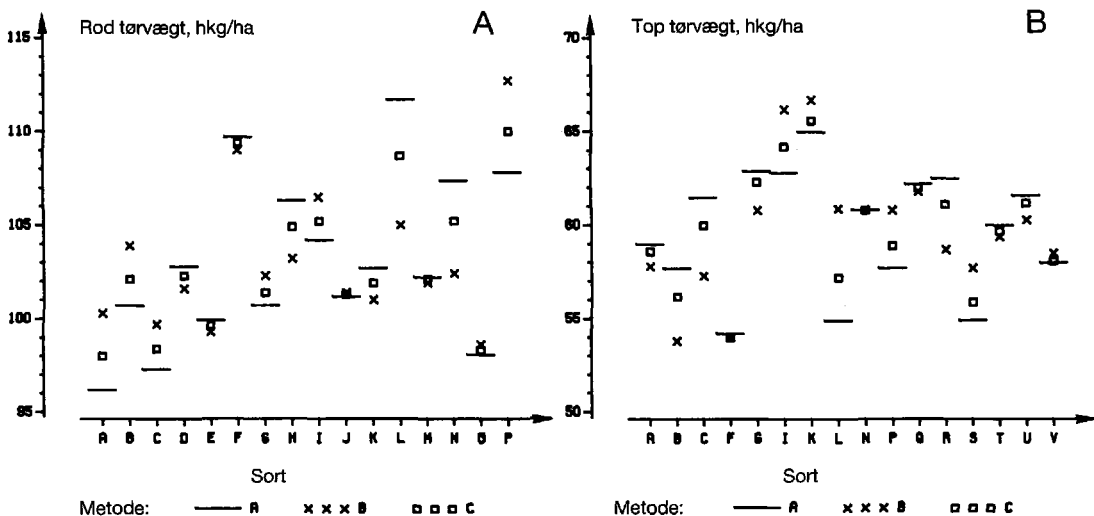


Fig. 3. Korrigerede gennemsnitstal for analysemetode B og C vist sammen med simple gennemsnitstal (analysemetode A).
Adjusted means for two different methods (B and C) of analysis compared to simple means (method A).

- a) Rod tørvægt for sukkerroer ved sted 1 i 1979.
Root dry weight of sugar beets at location 1 in 1979.
- b) Top tørvægt for sukkerroer ved sted 1 i 1980.
Top dry weight of sugar beets at location 1 in 1980.

R og L i 1980. Dette skyldes dog væsentligst den ret store positive korrektion, der er foretaget for sort L i 1980. Årsagen hertil er, at sort L i alle 4 gentagelser har været placeret i den af de 4 ufuldstændige blokke, der har den mindste frugtbarhed (fig. 2c, hvor sort L har været placeret i række 1 i gentagelse 1 og i række 2 i de øvrige 3 gentagelser).

Konklusion

Anvendelse af ufuldstændige blokforsøg til bederoer har i forsøg ved Roskilde reduceret LSD-værdien med gennemsnitlig 16% (fra 0% til 37%) for rod tørvægten og med gennemsnitlig 25% (fra 0% til 43%) for top tørvægten. De største reduktioner fandtes i de forsøg, hvor anvendelsen af sædvanlige, fuldstændige blokforsøg gav relativt store LSD-værdier. Beregninger udført på forsøg anlagt med fuldstændige blokke på andre steder tyder på, at det også på disse steder kan være en fordel at benytte ufuldstændige blokke – ikke

mindst for at reducere antallet af forsøg med store LSD-værdier.

Da anvendelsen af systematisk parcellfordeling kan medføre visse systematiske fejl i de registrerede sortsudbytter, anbefales det at benytte randomisering i alle forsøg. Da man med så få sorter som henholdsvis 16 og 12 har kunnet reducere LSD-værdierne mærkbart ved anvendelse af ufuldstændige blokforsøg, anbefales det fremover at benytte sådanne, når antallet af beder sorter er større end ca. 8–10.

I 1979 var parcellerne i forsøgene ved Roskilde anlagt på langs i marken i stedet for som sædvanlig på tværs i marken. Dette formodes at være grunden til, at variationen netop i disse to forsøg var forholdsvis stor for rod tørvægten ved Roskilde. Selv om en stor del af den forøgede variation kan korrigeres bort ved anvendelse af ufuldstændige blokke, anses det for sikrest at fortsætte med at anlægge parcellerne på tværs i marken.

Litteratur

- Cochran, W. G. & Cox, G. M.* (1957): *Experimental Designs*. John Wiley & Sons, New York. 611 pp.
- Cramer, S. G. & Swanson, M. R.* (1973): An evaluation of ten pairwise multiple comparison procedures by Monte Carlo Methods. *Journal of the American Statistical Association* 68, 66–74.
- Dorph-Petersen, K.* (1972): *Markforsøg*. Statens Plan-teavlsudvalg, Lyngby 1972, 429 pp.
- Kempton, R. A. & Howes, C. W.* (1981): The use of neighbouring plot values in the analysis of variety trials. *The Journal of the Royal Statistical Society, Series C* 30, 59–70.
- LeClerg, E. L.* (1966): Significance of experimental design in plant breeding, p. 243–313. In *Frey, K. J.* (ed.): *Plant Breeding*. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. 1966. 430 pp.
- Patterson, H. D. & Hunter, E. A.* (1983): The efficiency of incomplete block designs in National List and Recommended List cereal variety trials. *J. agr. Sci., Cambridge* 101, 427–433.
- Patterson, H. D. & Williams, E. R.* (1976): A new class of resolvable incomplete block designs. *Biometrika*. 63, 83–92.
- Patterson, H. D., Williams, E. R. & Hunter, E. A.* (1978): Block designs for variety trials. *J. agr. Sci., Cambridge*. 90, 395–400.
- SAS* (1981): *SAS 79.5 Supplemental Procedures*. SAS Technical Report S-120x. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina. 140 pp.
- Yates, F.* (1940): The recovery of inter-block information in balanced incomplete block designs. *Annals of Eugenics* 10, 317–325.
- Yndgård, F.* (1980): Improvement of the information level by using Lattice Design for designs with several entries. p 53–61. In *Høskuldsson, A., Conradsen, K., Jensen, B. S. & Esbensen, K.* (eds.): *Symposium i anvendt statistik NEUCC, RECAU, RECKU*. Lyngby, Århus, København 1980. 487 pp.

Manuskript modtaget den 17. juli 1984.