

Sammenhængen mellem Høstudbytte og Vejrlig.

Foredrag

ved Konsulentmødet i København, den 19. Februar 1932.

Af K. Prytz.

Spørgsmaalet om Sammenhængen mellem Høstudbytte og Vejrlig er ældgammelt. De gennem Tiderne indvundne Erfaringer til dets Besvarelse er paa en Mængde forskellige Maader blevet udtrykt i Ord. Men i hvert Fald i de sidste Aartier er der ogsaa arbejdet med at søge Erfaringerne udtrykt i Tal; saaledes har i 1911 *Einar Cohn*, der stadig er knyttet til det danske Kontor for Det internationale Landbrugsinstitut i Rom, skrevet i *Nationaløkonomisk Tidsskrift* om »Høstudsigter og Høstudbytte i Danmark« paa Grundlag af Korrelationsberegning, og i »Oversigt over De sjællandske Landboforeningers Virksomhed for Planteavlens Fremme indtil 1923« ved *L. Rasmussen* findes et Afsnit »Om Vejrligets Indflydelse paa Afgrødernes Vækst og deres Udnyttelse af de tilførte Kunstgødninger« paa Grundlag af en meget simpel Behandlingsmaade af Resultaterne fra de lokale Gødningsforsøg 1895—1921.

Den Udvikling, som Korrelationsundersøgelsen har været underkastet i de sidste 20 Aar, muliggør en mere rationel og udtømmende Behandlingsmaade end tidligere, og de sidste 40 Aars Dyrkningsforsøg har tilvejebragt et Talmateriale, hvoraf der ved passende Udvælgning kan findes Partier, som med Berettigelse kan underkastes en Korrelationsundersøgelse. Der skal i det følgende gøres Rede for Resultaterne af Korrelationsundersøgelse af nogle enkelte af Forsøgene ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur.

Den her anvendte Korrelationsberegning¹⁾ forudsætter »lineær Proportionalitet« eller et simpelt Forholdstal mellem de to Led, hvis Sammenhæng undersøges, og at der i fornøden Grad hersker en og samme Lovmæssighed inden for den foreliggende Række Maalinger, eller udtrykt med andre Ord, at de Størrelser, der hele Tiden sættes i Korrelation til hinanden, virkelig er de samme. Sammenhængen udtrykkes ved to Tal: et benævnt Tal, Regressionskoefficienten, der siger f. Eks., hvor mange hkg Tørstof Udbyttet stiger eller falder for hver °C., Temperaturen er større eller mindre end en vis bestemt Værdi. Det andet Tal er ubenævnt og kaldes Korrelationskoefficienten, og det udtrykker, hvor nøje eller hvor stærk Sammenhængen er mellem de to undersøgte Led. Korrelationskoefficienten kan antage en hvilken som helst Værdi mellem -1 og $+1$; hvis Talværdien er 1 , betyder det, at der ingen Undtagelser eller Afvigelser er i Korrelationsforholdet. Fortegnet $+$ betyder, at de to Led følges ad i Retning: naar Temperaturen stiger, stiger Udbyttet og omvendt. Fortegnet $-$ betyder, at de svinger i modsat Retning af hinanden: naar Temperaturen stiger, falder Udbyttet og omvendt. Korrelationskoefficient og Regressionskoefficient har naturligvis samme Fortegn.

Hvis et Vejrligelement, f. Eks. Temperaturen, i sin Virkning er uafhængig af alle andre Vejrligelementer, saaledes som den ene Terning i et Terningspil er uafhængig af de andre, udtrykker Kvadratet paa Korrelationskoefficienten med sin første og anden Decimal, hvor mange Procent Vejrligelementet bidrager til Udbyttets Spredning. Spredningen er et sammenvattende Udtryk for Udbyttets Variation og beregnes af, at Spredningens Kvadrat er lig med Summen af Kvadraterne paa det enkelte Udbyttets Afvigelse fra en vis bestemt Værdi, divideret med Aarenes Antal. Ganske tilsvarende med Vejrligelementets Spredning.

¹⁾ I »Nordisk Jordbrugsforskning« 1930, Side 425—48, har jeg givet en Fremstilling af Fremgangsmaaden ved Korrelationsberegning, med gennemregnede Eksempler fra de heromhandlede Forsøg. Men de fundne Regressionskoefficienters Sammenfatning i Regressionsligninger (se senere) er ikke medtaget; angaaende denne Beregning se *F. Baur*: Korrelationsrechnung. Seite 51. Mathematisch-physikalische Bibliothek. Band 75. Teubner. Leipzig/Berlin. 1928. (57 Sider.)

Hvad en funden Korrelation kan betyde i hkg Udbytte, angives ved Produktet af Korrelationskoefficienten og Udbyttets Spredning, eller ved Produktet af Regressionskoefficienten og Vejrligelementets Spredning, hvilket giver samme Resultat.

Beregner man nu saaledes Korrelationskoefficienten for et Vejrligelement, vil man altid finde en eller anden Størrelse. Korrelationskoefficienten 0, der angiver, at Udbyttet slet ikke er afhængig af Vejrligelementet, finder man saa godt som aldrig. Men ofte er den fundne Talværdi saa lille, f. Eks. 0.1, at man maa have et Kriterium for, hvornaar man tør tillægge fundne Korrelationskoefficienter Betydning og hvornaar ikke. Et saadant Kriterium har Englænderen *R. A. Fisher* udarbejdet. Det gaar i Korthed ud paa at beregne, hvor stor Sandsynlighed der er for, at den fundne Korrelationskoefficient tilfældigvis kunde fremkomme, hvor den egentlig skulde være Nul. Jo mindre denne Sandsynlighed er, desto mere værdifuld er den fundne Korrelationskoefficient; her er Grænsen sat ved 0.02 eller $\frac{1}{50}$, undtagelsesvis ved 0.05 eller $\frac{1}{20}$. Men mange af de fundne Korrelationskoefficienter er af langt større Værdi.

Af Beretningen om »18 Aars Dyrkningsforsøg med Rodfrugter«, der omfattede Vest- og Nordjylland, kan beregnes følgende Korrelation mellem hkg Tørstof pr. ha for Runkelroer og Middelttemperaturen i Maj—September:

Korrelationskoefficient... $r = +0.760$; $r^2 = 0.58$;
 Vurdering..... 16/9 '01 '7346;
 Regressionskoefficient... $R = +11.8$ hkg/ $^{\circ}$ C.

Vurderingen siger, at der kun er en Sandsynlighed af '01 = $\frac{1}{100}$ for den omhandlede Mulighed, endda selv om Antallet af undersøgte Aar kun havde været 11, nemlig 9 overskydende + 2 til Beregning, medens der har været 18 undersøgte Aar (16 overskydende + 2 til Beregning); til dette sidste svarer: 16 '01 '5897, altsaa Korrelationskoefficienten 0.5897 for Sandsynlighed $\frac{1}{100}$. Den fundne Koefficient, 0.760, er altsaa særdeles god.

Denne Beregning er foretaget efter Gennemsnit, d. v. s. det enkelte Aars Afvigelse er regnet ud fra det gennemsnitlige Høstudbytte, 73.5 hkg. Men det er muligt, at Udbyttet er vokset hen igennem Aarrækken 1893—1910, og at den fundne Korrelation skyldes denne Udbyttetigning. Derfor beregnes en ny

Korrelation paa Grundlag af Afvigelserne fra Aar til andet; thi derved vil en saadan Udbyttestigning bortelimineres. Man faar

$$\begin{aligned} r &= + 0.786; r^2 = 0.62; \\ 16/7 \text{ '01 '7977}; \\ R &= + 12.2 \text{ hkg/}^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

Altsaa en ganske lille Stigning baade i Korrelations- og Regressionskoefficient.

Det var endeligt muligt, at Udbyttet var i stærk Sammenhæng med Nedbøren, og at den fundne Korrelation alene skyldtes Nedbøren. Derfor beregnes endnu en Korrelation paa Grundlag af Afvigelserne mellem Aarene i den Rækkefølge, som de faar ved at ordnes efter stigende Nedbør. Man finder

$$\begin{aligned} r &= + 0.814; r^2 = 0.66; \\ 16/7 \text{ '01 '7977}; \\ R &= + 14.8 \text{ hkg/}^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

Altsaa endnu en lille Stigning baade i Korrelations- og Regressionskoefficient.

Det maa nu undersøges, om disse Forskelle i Korrelations- og Regressionskoefficienter er sikre eller maa forkastes som tilfældige. For de førstes Vedkommende har *Fisher* angivet en Metode; for de sidstes Vedkommende beregnes Usikkerheden af:

$$m_{\text{pct}}(R)^2 = m_{\text{pct}}(r)^2 + m_{\text{pct}}(\text{hkg})^2 + m_{\text{pct}}(^\circ\text{C.})^2,$$

hvor Usikkerhederne paa Differenserne i Udbytte og $^\circ\text{C.}$ begge er anslaaede til ± 7 pCt., eller henholdsvis ± 0.8 hkg og ± 0.05 $^\circ\text{C.}$ Forskellene i Korrelationskoefficient maa utvivlsomt forkastes som tilfældige. Forskellen i Regressionskoefficient er paa Veje til at blive sikker, men heller ikke mere:

$$3.0 \pm 2.7 \text{ hkg/}^\circ\text{C.}$$

Langt det sikreste er Middeltallet $+ 12.9$ hkg/ $^\circ\text{C.}$; denne Korrelation dækker 62 pCt. af Udbyttets Spredning, ± 14 hkg/ha, og kan dreje sig om ± 11 hkg/ha.

En saadan Korrelationsundersøgelse maa i mere eller mindre fuldstændigt Omfang gennemføres for hvert af de Vejrligelementer, hvori det sammensatte Begreb »Vejret« opspaltes. Tillige opspaltes Vækstperioden i sine enkelte Maaneder for at undersøge, om det er muligt forinden Høst at drage Slutninger om Udbyttets formentlige Størrelse, eller om der med Fordel kan gribes ind med en Foranstaltning som Vanding el. lign.

Paa denne Maade er undersøgt:

Dyrkningsforsøg med 1. Kl. Roestammer »Barres« paa Askov Lermark og ved Tystofte for hkg Tørstof/ha i Korrelation med Nedbør og Temperatur.

Gødningsforsøg med Runkelroeafgrøder paa Askov Lermark baade i Forsøg med Forskellige Mængder Staldgødning og i Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning for hkg Tørstof/ha i Korrelation med Nedbør og Temperatur.

Gødningsforsøg med Havreafgrøder paa Askov Sandmark i Forsøg med Forskellige Mængder Staldgødning for hkg Kærne/ha i Korrelation med Nedbør, Temperatur og Tørkeperioder.

Gødningsforsøg med Kartoffelafgrøder paa Askov Sandmark baade i Forsøg med Forskellige Mængder Staldgødning og i Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning for hkg Tørstof/ha i Korrelation med Nedbør, Temperatur og Tørkeperioder.

Der er i alt beregnet ca. 800 Korrelations- og ca. 200 Regressionskoefficienter.

Baade Roer og Kartoffler viser ganske sikre Forandringer i Korrelationen fra et vist Aar at regne, hvilke Forandringer maa antages at have deres Aarsag i Kalkning og Mergling eller i forandret Gødskning. Som et Eksempel paa det første viser Fig. 1, øverst, Regressionslinierne for Runkelroer Ugødet 1898—1906 $+ 8.0$ hkg/°C. og 1907—25 $+ 2.7$ hkg/°C.

Differens 5.3 ± 2.5 hkg/°C.

Efter Beretningerne er Kalkningen genoptaget i 1905 efter en længere Pause.

For Kartoffler, $\frac{1}{2}$ Staldgødning $+ \frac{1}{2}$ Kunstgødning viser Fig. 1, nederst, Regressionslinierne 1898—1906 $+ 4.3$ hkg/°C. og 1907—22 $+ 8.3$ hkg/°C.

Differens 4.0 ± 1.5 hkg/°C.

Efter Beretningen er Staldgødningsmængden forøget i 1907, hvilket medfører et betydeligt større Udbytte af Kartoffler.

Naar Gødskningsforandringer kan have saadan Indflydelse paa Korrelationen, er det forklarligt, at Korrelationen gør et noget udvisket Indtryk ved Roestammeforsøgene, hvor der ikke er gennemført nogen bestemt Gødskning. Dog kan den klimatiske Forskel paa Askov og Tystofte meget tydeligt fastslaaes:

Askov har flere Temperaturkorrelationer end Nedbørkorrelationer, medens Tystofte har mange flere Nedbørs- end Temperaturkorrelationer. Askov har 5 negative blandt 14 Nedbørkorrelationer,

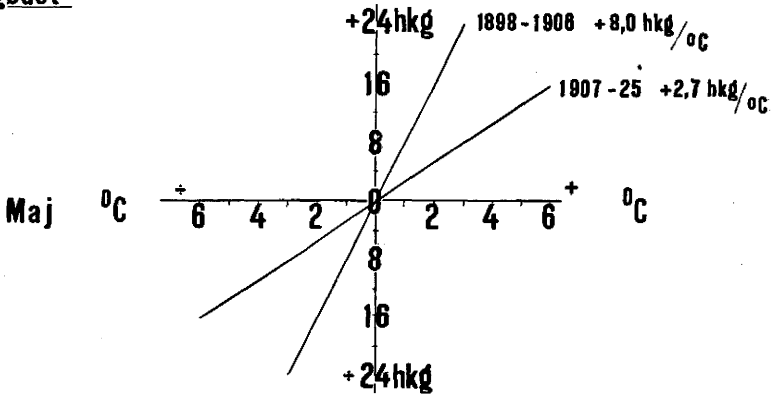
SAMMENHÆNG MELLEM TØRSTOFUDBYTTE OG TEMPERATUR I MAJ OG JUNI

Udbytteforskøl fra Aar til andet

Korrelationsforandring i 1907

Gødningsforsøg. Runkelroer
Forsk. Mgd. Staldgødning
Ugødet

Askov Lærmark
1898 - 1925



Gødningsforsøg. Kartoffler
1/2 Staldg. + 1/2 Kunstg.

Askov Sandmark
1898 - 1922

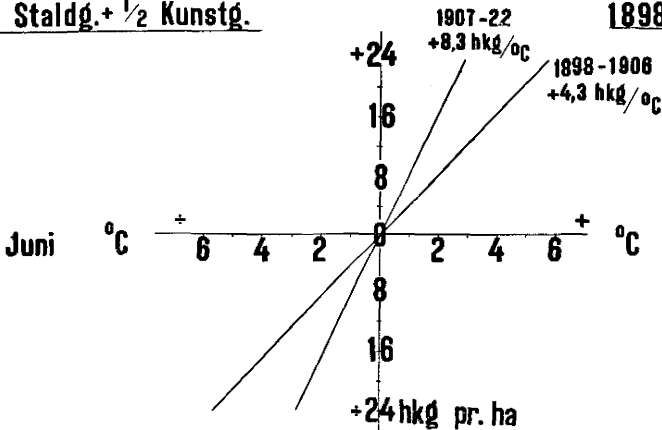


Fig. 1.

men kun 2 negative blandt 17 Temperaturkorrelationer, medens Tys-
tofte har 2 negative blandt 15 Nedbørskorrelationer, men 1 negativ

blandt 4 Temperaturkorrelationer. Ved Askov er fundet en Udbyttevariation, hidrørende fra Temperaturen, paa ± 13 hkg/ha, medens den fra Nedbøren hidrørende kun er godt halv saa stor. Ved Tystofte er der fundet en Udbyttevariation fra Nedbøren paa ± 14 hkg/ha, medens den fra Temperaturen kun er ± 6 hkg. Det synes, at ca. 60 pCt. af Udbyttets Spredning forklares af Temperaturen ved Askov og af Nedbøren ved Tystofte. Altsammen er det — se Sammenstillingen nedenfor — Udtryk for det kendte Faktum, at ved Askov er det Vejrligelementet: Temperaturen, der er det bestemmende, medens det ved Tystofte er Vejrligelementet: Nedbøren, der er det bestemmende.

	Askov:		Tystofte:	
	Nedbør	Temp.	Nedbør	Temp.
Procent negative Korrelationer	35	12	10	25
Udbyttevariation i hkg/ha hidrørende fra.	± 7	± 13	± 14	± 6
Procentisk Forklaring af Udbyttets Spredn.		60	60	

Stammeforsøgene i Barres ved Askov frembyder et Eksempel paa Temperaturkorrelationens Forandring ved en vis Nedbør, se Fig. 2. Aarene er ordnede efter stigende Nedbør. Ved ca. 50 mm Nedbør foreligger der en Forandring i September-Temperaturens Indvirkning paa Udbyttet, saaledes, at ved lille Nedbør er en Temperaturstigning gavnlig, $+ 10.7$ hkg/ $^{\circ}\text{C}$., men ved stor Nedbør skadelig, $- 8.6$ hkg/ $^{\circ}\text{C}$.. Denne Forandring, som man vel paa Forhaand vilde antage først indtraadte ved en stærkere Nedbør end 50 mm, bekræftes af to andre Korrelationer. Nedbørkorrelationen for September med Ordning efter stigende Temperatur synes at være positiv ved $10.0-11.5$ $^{\circ}\text{C}$., og ved $12.2-13.5$ $^{\circ}\text{C}$., men i Intervallet $11.5-12.1$ $^{\circ}\text{C}$., er den negativ:

$$r = - 0.73; r^2 = 0.53;$$

$$8 \text{ '02 '7155};$$

$$R = - 2.1 \text{ hkg/10 mm};$$

den gennemsnitlige Nedbør er 95 mm. Nedbørkorrelationen for Juni med Ordning efter stigende Temperatur er mindre korreleret for hele Temperaturområdet $9.8-16.2$ $^{\circ}\text{C}$., end for dets varmeste Del: $13.4-16.2$ $^{\circ}\text{C}$., hvor Korrelationen er:

$$r = + 0.62; r^2 = 0.38;$$

$$15 \text{ '01 '6055};$$

$$R = + 2.3 \text{ hkg/10 mm};$$

her er den gennemsnitlige Nedbør 49 mm. Med Henblik paa Vanding er dette betydningsfulde Oplysninger.

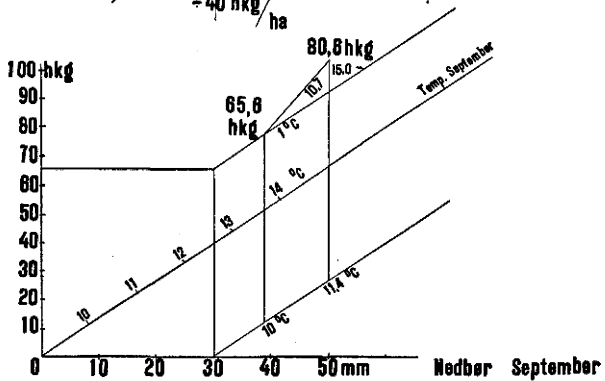
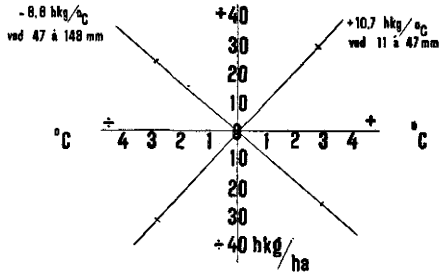
SAMMENHÆNG MELLEM TØRSTOFUDBYTTET OG °C I SEPTEMBER

Udbytteforskjel fra et Aar med samme Nedbør

Stammeforsøg i Barres

Askov 1894-1929

Korrelationsforandring ved ca. 50mm. Nedbør



Eksempel: Et Aar med 30mm og 11,4 °C faar 15,0 hkg større Udbytte end det observerede Aar med 85,8 hkg ved 30 mm og 10 °C

Fig. 2.

Baade for Havre og Kartofler omtaler Forsøgsberetningen Tørkeperiodernes Betydning for Udbyttet. Derfor er Vejrligelementet Tørke inddraget under Korrelationsundersøgelsen. Tørkeperioderne er karakteriserede ved »Tørketal«, fremkomne ved Summation af Kvadraterne paa det enkelte Antal nedbørsløse Dage i Træk, hvorved Kalendermaaned-Skiftet ikke respekteres, men den paagældende Tørkeperiode henregnes i sin Helhed til den af de to Maaneder, der har flest af dens Dage.

REGRESSIONSLIGNING

for Udbytteforskel fra Aar til andet i Sammenhæng med

1) Nedbør i Maj	X_1	} Forskel fra foregaaende Aar
2) - - Juni	X_2	
3) Temp. - Maj - Juli	X_3	
4) Tørketal - - -	X_4	

Bødningsforsøg. Havre. $\frac{1}{2}$ Staldgødning.

Askov Sandmark 1898-1922

$$y \text{ hkg Kærne} = 0,1 \cdot X_1 + 0,3 \cdot X_2 + 2,3 \cdot X_3 + 1,3 \cdot X_4$$

Eksempler 1916, 1917 og 1918: maalt og udjævnet Udbytte, samt Høstudsigt pr. 30. Juni

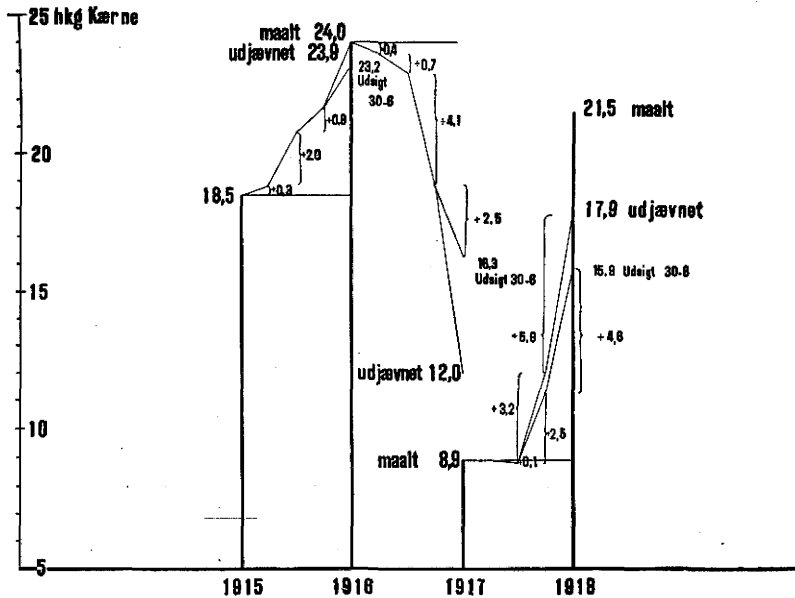


Fig. 3.

For de to nævnte Afgrøder er der ved Opspaltningen fundet for hver Gødskning Korrelationer, der gælder samme Aarrække og er saa stærke, at det har været berettiget at søge Regressionskoefficienterne samlede under eet i en Regressionsligning, hvorved der tages Hensyn til Vejrligelementernes indbyrdes Korrelation. Et Eksempel herpaa er vist i Fig. 3: Regressionsligningen for Udbytteforskellen fra Aar til andet for Havre ved

$1\frac{1}{2}$ Staldgødning i Sammenhæng med 1) Nedbør i Maj, 2) Nedbør i Juni, 3) Temperatur i Maj—Juli og 4) Tørketal i Maj—Juli. Paa Figuren er afbildet Udbyttet for Aarene 1915, 1916, 1917 og 1918, og i Mellemløbene mellem hvert Aarpar er grafisk fremstillet de tre Beregninger efter Regressionsligningen med hvert Vejrligelements Bidrag til Udbyttforskellen resulterende i det udjævnedes Aarsudbytte, som Regressionsligningen giver. Desuden er angivet Høstudsigten pr. 30. Juni; den fremkommer ved, at x_3 og x_4 beregnes med normal Værdi for Juli i Stedet for den specielle Værdi det paagældende Aar. Men herved føjes der til de allerede gjorte Forudsætninger yderligere den Forudsætning, at den lineære Sammenhæng ogsaa gælder, naar man indfører Forventninger i Beregningerne i Stedet for Maaleresultaterne.

Berettigelsen af at indføre denne Forudsætning kræver en særlig Undersøgelse, som ikke er udført, bl. a. fordi de meteorologiske Bearbejdelser dertil ikke foreligger. Derfor maa de anførte Høstudsigter betragtes med stor Ædruelighed. De efterstaaende Regressionsligninger for Kartofler vilde give Høstudsigter, som ligger langt tættere ved det maalte Udbytte end Tilfældet er i Fig. 3 for Havre, men disse er af den anførte Grund ikke benyttede til Illustration af Regressionsligningernes Anvendelse til Beregning af Høstudsigter.

Tabel 1 giver en Oversigt over Havreafgødningens Sammenhæng med et Vejrlig paa 2—4 Elementer. Alle Forsøgsaarene 1898—1922 er benyttede, idet Forandringen i Gødskning 1907 fra $\frac{1}{2}$ til $\frac{1}{4}$ af den anvendte Staldgødning kun lige kan spores. Desuden er Udbyttetigningen gennem Aarene ringe, hvilket viser sig ved, at Korrelationerne efter Gennemsnit er lidet mindre end de fra Aar til andet, som er benyttede til Oversigten.

Korrelationsundersøgelsen har omfattet den 3 Maaneders Vækstperiode Maj, Juni og Juli. Tabellen viser Udbyttets Gennemsnit og dets Spredning, den totale Korrelationskoefficient, de enkelte Regressionskoefficienter, Usikkerheden paa den beregnede Udbyttforskelle og det enkelte Vejrligelements procentiske Bidrag til Udbyttets Spredning. Den enkelte, partielle Korrelationskoefficient er Kvadratrod af det paagældende Vejrligelements procentiske Bidrag, efter at det først er divideret med 100. Hvad den enkelte, partielle Korrelation kan

Tabel 1. Sammenhæng mellem Kærneudbytte og 2—4 Vejrligelementer.
 Udbytteforskel fra Aar til andet. 3 Maaneder Vækstperiode: Maj—Juli.

Gødningsforsøg i Haare. Askov Sandmark 1898—1922.

Forsøg med	Kærneudbytte i hkg pr. ha		Total Korrelations- koefficient	Regressionskoefficient for				Usikkerhed paa be- regnet Udbyttefor- skel i hkg pr. ha	Det enkelte Vejrligelements procentiske Bidrag til Udbyttets Spredning				
	Gen- nem- snit	Spred- ning		Nedbørsum		Middel- temp.	Tørke- talsum		Nedbør		Temp.	Tørke- tal	i alt pCt.
				Maj	Juni	Maj—Juli			Maj	Juni	Maj—	Juli	
	i hkg pr. ha pr.				10 mm	10 mm	1 °C.		100 Tt	Maj	Juni	Maj—	Juli
Forskellige Mængder Staldgødning													
1 Staldgødning	15.4	± 7.3	0.76	—	—	÷ 2.7	÷ 0.9	± 4.7	—	—	34	24	58
1/2 Staldg. + 1/2 Kunstg. ...	18.0	± 8.7	0.73	—	+ 0.6	0	÷ 1.3	± 5.9	—	19	0	35	54
1 1/2 Staldgødning	18.2	± 9.0	0.82	+ 0.1	+ 0.3	÷ 2.3	÷ 1.3	± 5.2	1	8	24	33	66

Tabel 2. Sammenhæng mellem Tørstofudbytte og 3 Vejrligelementer.
 Udbytteforskel fra Aar til andet. 5 Maaneder Vækstperiode: Maj—September.

Gødningsforsøg i Kartofler. Askov Sandmark 1907—22.

Forsøg med	Tørstofudbytte i hkg pr. ha		Total Korrelations- koefficient	Korrelationskoefficient				Usikkerhed paa be- regnet Udbyttefor- skel i hkg pr. ha	Det enkelte Vejrligelements procentiske Bidrag til Udbyttets Spredning				
	Gen- nem- snit	Spred- ning		Nedbør- sum, Juni	Middel- temp., Juni	Tørketalsum			Ned- bør, Juni	Tem- perat., Juni	Tørketal		i alt pCt.
						Juni	August				Juni	August	
	i hkg pr. ha pr.				10 mm	1 °C.	100 Tt		100 Tt	Juni	Juni	Juni	August
Forskellige Mængder Staldgødning (FMS)													
Ugødet	20.7	± 6.0	0.82	÷ 0.8	+ 0.4	÷ 0.1	—	± 3.5	58	10	0	—	68
1 Staldgødning	58.2	± 30.4	0.82	÷ 2.2	+ 4.3	—	÷ 2.8	± 17.2	26	25	—	16	67
1 1/2 »	73.5	± 35.7	0.81	÷ 2.0	+ 7.5	—	÷ 2.1	± 21.3	19	38	—	9	66
1/2 » + 1/2 Kunstgødning	60.1	± 25.4	0.91	÷ 1.7	+ 4.6	—	÷ 2.5	± 11.0	26	37	—	19	82
Staldgødning og Kunstgødning (SK)													
Staldgødning	60.7	± 27.7	0.90	÷ 1.3	+ 8.7	—	÷ 0.1	± 12.0	16	65	—	0	81
Kunstgødning	53.1	± 21.0	0.82	÷ 1.6	—	+ 4.4	÷ 2.4	± 11.7	30	—	19	19	68

betyde i hkg-Udbytte, faas som Produkt af den partielle Korrelationskoefficient og Udbyttets Spredning.

Ugødet har ikke givet tilstrækkeligt samlede Korrelationer til Dannelse af en Regressionsligning. Men for de tre Gødskninger er der fremkommet tre ganske forskellige Regressionsligninger, altsaa Udtryk for tre forskellige Sammenhæng mellem Høstudbytte og Vejrlig.

1 Staldgødning er korreleret med °C. Maj→Juli og Tørketal (Tt) Maj—Juli,

$\frac{1}{2}$ Staldgødning + $\frac{1}{2}$ Kunstgødning er korreleret med mm Juni og Tt Maj—Juli, men ikke °C. Maj—Juli,

$\frac{1}{2}$ Staldgødning er korreleret med alle disse tre og tillige, men svagt, med mm Maj.

De totale Korrelationer er 0.73 til 0.82, og altsaa er det samlede Vejrligs Bidrag til Udbyttets Spredning 54 til 66 pCt.; i Udbytteforskel kan det blive 5.5 til 7.4 hkg/ha. Heraf falder 24 til 35 pCt. paa Tørketallene; i Udbytteforskel 3.6 til 5.1 hkg/ha. Dette er formentlig en endnu stærkere Betydning at tillægge Tørken, end der gøres i Beretningens Ord:

»Det lave Kærneudbytte, der i enkelte Aar er høstet af Havre, maa som Regel ses i Belysning af Tørkeperioder, der har hæmmet Væksten i Sommerens Løb.«

Aarene 1905 og 1914 med Fritflueangreb har der ikke været Anledning til at udskyde.

Usikkerheden paa den beregnede Udbytteforskel ligger mellem ± 4.7 og ± 5.9 hkg/ha. Den har følgende Sammenhæng med de enkelte Usikkerheder (for $\frac{1}{2}$ Staldgødning):

$$m_{R_{I_{gn}}} \geq m (\text{hkg})^2 + 0.01.m (\text{mm Maj})^2 + 0.09.m (\text{mm Juni})^2 + 5.29.m (\text{°C.})^2 + 1.69.m (\text{Tt})^2,$$

hvorved det maa erindres, at det er Differenser i Udbytte og Vejrligelementer, som indgaar i Beregningerne. Summen paa højre Side skal for $\frac{1}{2}$ Staldgødning være lig med eller mindre end 34.81. Der foreligger ikke officielle meteorologiske Oplysninger om Usikkerheden paa Vejrligelementerne. Usikkerheden paa den beregnede Udbytteforskel skal dække, foruden den nævnte Sum, Spredningen ved de endnu ikke medtagne Vejrligelementer el. lign., f. Eks. Saatiden.

Tabel 2 giver en til Tabel 1 svarende Oversigt over Kartoffelafgrødernes Sammenhæng med et Vejrlig paa 3 Elemen-

ter. Her er kun benyttet Aarene 1907—22, da der, som illustreret ved Fig. 1, nederst, er indtraadt en Forandring i Korrelationen ved Forøgelsen af Staldgødningsmængden i 1907 fra $\frac{2}{4}$ til $\frac{3}{4}$ af den anvendte Staldgødning. Ved Beregning efter Gennemsnit faas kun ganske svag eller ingen Korrelation, hvor kronologisk Ordning har en stærk Korrelation.

Korrelationsundersøgelsen har omfattet den 5 Maaneders Vækstperiode Maj—September. Der er fundet 4 forskellige Sammenhæng mellem Høstudbytte og Vejrlig:

Ved Forsøg med Forskellige Mængder Staldgødning er:

Ugødet korreleret med Juni-Nedbør og Juni-Temperatur (Tt Juni betydningsløs);

alle 3 Grader af Gødskning med Juni-Nedbør og -Temperatur og August Tt;

men ved Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning er

Staldgødning korreleret med Juni-Nedbør og -Temperatur (Tt August betydningsløs);

Kunstgødning med Juni-Nedbør og Tørketal samt August Tørketal.

De totale Korrelationer er 0.81 til 0.91, og altsaa er det samlede Vejrligs Bidrag til Udbyttets Spredning 66 til 82 pCt.; heraf falder for de gødskede Parceller 25 til 65 pCt. paa Juni Temperatur og 19 pCt. paa Juni-Tørketal med positiv Korrelation og 16 til 30 pCt. paa Juni-Nedbør med negativ Korrelation, medens 9 til 19 pCt. falder paa August-Tørketal med negativ Korrelation. Dette passer smukt med Beretningens Erfaring, at en varm og tør Sommer giver meget store Afgrøder, medens koldt og fugtigt Vejr samt vedholdende Tørkeperioder i Juli-September giver smaa Afgrøder. I Udbytteforskel hidrørende fra det enkelte Vejrligelement kan det beløbe sig til mellem 9 hkg/ha (SK. Kunstgødning, Tt) og 22 hkg/ha (SK. Staldgødning, °C.), og for hele Vejrliget mellem 17 hkg (SK. Kunstgødning) og 29 hkg/ha ($1\frac{1}{2}$ Staldgødning).

Det er Juni Maaned, der i ganske afgørende Grad bestemmer Udbytteforskellen; dens tre Vejrligelementer: Nedbør, Temperatur og Tørketal, bidrager tilsammen mellem 49 og 81 pCt. til Udbyttets Spredning. De tre Vejrligelementer er stærkt indbyrdes korrelerede; Regressionsligningen for Tørketallet er:

$$y \text{ Tt} = -0.051.x_1 \text{ Nedbør} + 0.423.x_2 \text{ Temperatur,}$$

og Nedbør og Temperatur bidrager henholdsvis 16 og 69 pCt., tilsammen 85 pCt. til Tørketallets Spredning. Tørketallet har

altsaa været meget stærkere korreleret med Temperaturen end med Nedbøren. For Kunstgødning under Forsøg med Staldgødning og Kunstgødning har Beregningen været gennemført med mm Maj, °C. Juni og Tt. August, ligesom for de fire andre Gødskninger, men °C. Junis Bidrag til Udbyttets Spredning svandt ind til 3 pCt. Derimod bidrager Tt Juni, som Oversigten viser, 19 pCt. til Udbyttets Spredning. Dette er et Udtryk for, at Kunstgødningen ikke kræver varmt Vejr for at øve sin Virkning.

August-Korrelationen er en negativ Tørketalkorrelation og ikke en positiv Nedbørkorrelation eller Temperaturkorrelation. Dette stemmer med Fig. 2, der viser positiv Temperaturkorrelation for Barresstammeforsøg i September ved 11 à 47 mm, men negativ ved 47 à 148 mm; det er formentlig gunstigst med en jævnt fordelt Nedbør paa indtil 50 mm.

Udbytteforskellen for Ugødet hidrører ganske overvejende fra Juni-Regnens skadelige Indflydelse; det kan beløbe sig til 4.6 hkg/ha paa et gennemsnitligt Udbytte af 20.7 hkg/ha eller ca. 22 pCt. For Staldgødning kan det tilvarende for Juni-Varmens gavnlige Indflydelse beløbe sig til 22 hkg ved et gennemsnitligt Udbytte af 60.7 hkg eller ca. 36 pCt.

Dette bekræfter, at Gødskningen i og for sig ikke gør Afgrøden uafhængig af Vejrliget. Dette Forhold ses allerede af Udbyttespredningen i Forhold til Gennemsnitsudbyttet: 29 pCt. ved Ugødet og mellem 40 pCt. (SK. Kunstgødning) og 52 pCt. (FMS. 1-Staldgødning) ved de 5 Gødskninger. Det samme ses af Vejrligets samlede procentiske Bidrag til Udbyttets Spredning: 68 pCt. ved Ugødet og mellem 66 pCt. (FMS. 1 $\frac{1}{2}$ -Staldgødning) og 82 pCt. (FMS. $\frac{1}{2}$ Stg. + $\frac{1}{2}$ Kunstg.) ved de 5 Gødskninger.

Men Gødskningen bevirker, at Juni-Regnens skadelige Indflydelse nedsættes relativt; thi den gavnlige Juni-Varme faar sin Indflydelse forøget fra 10 pCt. ved Ugødet til mellem 25 pCt. (FMS. 1-Staldgødning) og 65 pCt. (SK. Staldgødning) ved de 4 Gødskninger, og ved SK. Kunstgødning er en gavnlig Virkning af Juni-Tørke paa 19 pCt. af Udbyttets Spredning.

Til Gengæld er de gødskede Afgrøder, med Undtagelse af SK. Staldgødning, følsomme i skadelig Retning for August-Tørke, hvilket Ugødet ikke er. Det kan beløbe sig til mellem 9 hkg/ha (SK. Kunstgødning) og 12 hkg/ha (FMS. 1-Stald-

gødning). Her kan det altsaa være berettiget at overveje Anvendelse af Vanding til Formindskelse af Tørketallet.

Det undersøgte Forsøgsmateriale er ikke tilstrækkelig omfattende til, at Forskellene mellem de enkelte Regressionskoefficienter for samme Vejrligelement kan fastslaaes som sikre. Men dette kan gøres for Differensen mellem Gennemsnittet — 1.8 hkg/10 mm ved de 5 Gødskninger og for Ugødet — 0.8 hkg/10 mm, samt Differensen mellem Gennemsnittet + 8.1 hkg/°C. for FMS. 1¹/₂-Staldgødning og SK. Staldgødning og Gennemsnittet + 4.45 hkg/°C for FMS. 1-Staldgødning og FMS. 1/2-Stg. + 1/2-Kunstg. For den sidste Differens faas:

$$3.65 \pm 1.60 \text{ hkg/}^{\circ} \text{C.};$$

i Udbytteforskæl kan det blive 22 og 15, altsaa en Differens paa 7 hkg/ha.

Af hele det saaledes fremførte tør det formentlig fastslaaes, at der gennem Korrelationsforskning er tilvejebragt talmæssige Oplysninger af Interesse om Sammenhængen mellem Høst-udbytte og Vejrlig. Disse Oplysninger vedrører dels en Landsdel som Vest- og Nordjylland, dels en enkelt Forsøgsstation som Askov og Tystofte.

Det er paavist, at Anvendelsen af »Tørketal« til Karakteristik af Tørkeperioder er et Supplement af Betydning til Vejrligelementerne Nedbør og Temperatur, bl. a. med Hensyn til henholdsvis Nedbørens Fordeling og Temperaturens voksende Indflydelse med det voksende Antal nedbørsløse Dage i Træk. For baade Havre- og Kartoffelafgrøder kan Tørke have skadelig Indflydelse, og Regressionskoefficienterne giver i hkg/Tt en vigtig Oplysning til Grundlaget for Afgørelsen af, hvorvidt Vanding kan betale sig, samt Oplysning om, i hvilken Maaned Vandingen bør ske.

For Kartoffelafgrøden har Gødskning svækket Juni-Nedbørens skadelige Indflydelse, altsaa uden nogen Afvandingsforanstaltning. Den ved Gødskning fremkomne Følsomhed for skadelig Tørke i August kan imødegaaes ved Vandingens billigste Form, da den er knyttet til Tørketal og ikke til mm Nedbør.

For baade Havre- og Kartoffelafgrøder er paavist Forskellen i Virkning af svagere og stærkere Gødskning henholdsvis ved Korrelation med et større Antal Vejrligelementer, 2 og

4, og ved en næsten dobbelt saa stor Temperaturregression, + 8.1 og 4.5 hkg/^oC.

Ved Korrelationsundersøgelsen er der redegjort for 54 til 82 pCt. af Udbyttets Spredning, fordelt paa de enkelte Vejrlig-elementer og Maaneder i største Delen af de to Afgrøders Vækstperiode. Regressionsligningen giver Mulighed for Beregning af en Høstudsigt.
