

降水量の多い場合の害の方が往々起る。又降雨は低温を伴いそれにより間接的に影響を及ぼす場合も考えられる。著者の調査でも一般にこの傾向が認められ、統計的に有意な関係は少いが負の関係が大部分である。併し7月中旬では釧路国を除きその他の支廳では全てその相関係数は正であつて、しかもその中で上川支廳の係数は統計的に  $P=0.05$  で有意である。このことは函館を除きその他の調査地では7月中旬の降水量が7月上旬よりは少なく、又同月下旬より甚しく少ないことによる旱魃の傾向によるものではないかと考えられるが、更に調査する必要があるものと思はれる。

以上の様に稲収量と気象要素の気温、日照時数及び降水量の関係より、北海道に於いて稲作に最も大きい影響のあるのは気温であつて、その他の要素は気温に比較して極めて弱い関係にあることが認められる。更にそれらの相関の正負の関係は一般的に言つて気温及び日照時数は正、降水量は特殊な場合を除き負であることが認められる。

## K. 稲反収と他主要作物反収の年變異の比較及び相関

ある年を豊作年又は凶作年と言うのはその地方の全般の作況を示す言葉である。併し作物の種類によつては気象条件に対する感応が異つて居り、例えばある作物の豊作の年は必ずしも他作物の豊作年とは限らない。大後氏(1942)は日本の主要作物の豊凶相互間の関係を次の式で示される豊凶合致率により調査して居る。即ちその合致率はある年の収量をその年の5年間の移動平均で割つて得た値に100を乗じ、それより100を引いたものを増減収率と称し、ある年に於ける2作物の増減収率の積が正である年の数を  $n$  とし、全体の調査年数を  $N$  とするとき、大後氏の豊凶合致率は次の式で示される。

$$\left( \frac{n}{N-4} \times 100 \right) \%$$

そしてこの合致率の値の大きいことは両農作物の豊凶が比較的に一致するものであると云い、北海道に関する調査では水稻と可なり高い合致

率を示す作物は大豆及び陸稻であつて、麥類は割合に合致率の低いことを示して居る。又市村氏(1948)は北見市附近の農作物の豊凶について「水稻の特に豊作であつた年は田畑を通じて豊作であつた年と一致することもあるが一致しない年もあり………」と云うて居る。著者は北海道の主要作物の収量の年変異を稲反収と比較し、作物の安定度を見るため大正1年より昭和21年までの35年間の資料について小麦(春播、秋播を区別しない)燕麥、大豆、馬鈴薯、玉蜀黍の支廳別反収の変異係数を算出し、又同じ期間について稲収量と上記作物収量の間関係、換言すると稲の豊凶と上記作物の豊凶が一致するかどうかを見るため稲反収と他作物反収の全相関係数を支廳別に算出した。又同じ期間に於ける北海道農業試験場(本場、渡島、上川十勝及び北見支場)の豊凶考照試験の上記作物についても同様な調査を行つた。

### (1) 稲と他主要作物の収量の年變異の比較

北海道の支廳別稲、小麦、大豆、馬鈴薯及び玉蜀黍の大正1年より昭和21年までの35年間の反収の平均及びその変異係数を示すと第22表の通りである。

この表より一般的に次のことが認められる。各支廳とも稲の変異係数が最も大きく、その値の最も小さい空知支廳で29.7%、最も大きい釧路国支廳では61.5%である。玉蜀黍及び大豆が稲に次いで変異係数が大きく、玉蜀黍でその値の最も小さいのは空知支廳の25.3%、最も大きいのは釧路国及び網走の両支廳で共に42.4%であり、又大豆ではその係数の最も小さいのは石狩支廳の23.0%、最も大きいのは網走支廳の33.4%である。次に変異係数の大きいものは小麦及び燕麥で、この両者は大体同じ値を示して居り、小麦で変異係数の最も小さいのは渡島支廳の17.0%、最も大きいのは道南の31.5%であつて、燕麥の変異係数の最小は空知支廳の19.3%、最大は網走支廳の32.3%である。馬鈴薯は調査した作物の中でその変異係数が最も小さく、その係数の最小は空知支廳の16.6%、最大は檜山支廳の25.5%であつて、この馬鈴薯の最大の変異係数は稲の最小の変異係数より

第22表 北海道の主要作物の支廳別平均反収とその変異係数

支廳名	稻		小麥		燕麥		大豆		馬鈴薯		玉蜀黍	
	平均反収	変異係数	平均反収	変異係数	平均反収	変異係数	平均反収	変異係数	平均反収	変異係数	平均反収	変異係数
狩知	121.7	32.2	85.4	20.1	179.2	21.4	75.3	23.0	261.4	18.4	125.6	27.0
空知	141.2	29.7	86.3	19.4	187.9	19.3	71.3	32.7	264.4	16.6	124.5	25.3
上川	142.3	36.1	86.7	22.8	176.6	21.6	78.7	32.4	279.2	24.9	124.5	34.8
後志	127.4	34.7	81.5	18.5	156.2	24.0	65.7	33.4	266.1	21.4	113.6	33.0
檜山	112.3	36.6	76.6	22.0	149.8	26.5	68.8	33.9	250.3	25.5	119.7	30.4
渡島	123.7	34.9	95.3	17.0	146.7	23.6	68.7	34.7	288.3	20.1	114.0	29.0
胆振	115.9	37.5	90.7	25.4	139.9	19.4	68.2	34.8	243.3	19.6	105.8	33.8
日高	116.9	34.1	76.8	26.4	143.9	23.7	81.9	35.0	205.9	20.4	122.3	34.4
十勝	102.7	50.7	73.3	26.4	153.0	20.8	74.9	36.5	269.8	16.8	114.3	33.8
釧路	95.1	61.5	73.9	27.5	156.3	31.9	87.3	37.4	232.5	20.4	98.8	42.4
網走	105.8	60.7	90.2	23.2	186.4	32.3	87.8	38.4	294.5	19.2	113.6	42.4
留萌	110.9	42.3	66.4	31.5	160.2	27.6	70.8	34.1	247.7	20.6	106.3	33.3

小さいことが認められる。

又これらの作物の地域別の反収の変異係数を見ると調査した作物の全体を通じて網走及び釧路国の両支廳が一般的に収量の年変異の大きいこと、換言すると作物の収量の不安定なことを示して居り、日高及び十勝支廳が馬鈴薯を除けば、網走及び釧路に次いで変異が大きい。そして上に述べた様な支廳別反収の年変異の原因については度々述べた様に氣象條件が大きく働いて居ることは当然であるが、その他に社会的又は技術的原因もある程度働いて居ることが考えられ、單に氣象條件のみによるものではない。

農業試験場の豊凶考照試験は長年間同一耕種

條件の下で行はれて居るものが多く、大体に於いて年々の氣象條件がその収量の変異の最も大きい原因と考えられるものである。それで北海道農業試験場本場、渡島、上川、十勝及び北見の4支場の豊凶考照試験の前記と同じ作物の反収の平均及びその変異係数を計算したところ第23表の様な結果を得た。そしてこれに使用した資料は同一作物について年々同じ品種が使用されて居ない作物もあり、又耕種法も年により多少異り、同一年でも処理の異なるものがあるが、全てそれらの処理の平均した値をその年の反収として計算した。

第23表 北海道農業試験場の豊凶考照試験の主要作物の平均反収及び反収の年變異係数

試験箇所	水		稻		春播小麥		秋播小麥		燕麥		大豆		馬鈴薯		玉蜀黍	
	平均	変異係数	平均	変異係数	平均	変異係数	平均	変異係数	平均	変異係数	平均	変異係数	平均	変異係数	平均	変異係数
本場	222.0	23.7	134.1	23.1	181.9	21.0	378.6	19.4	135.6	19.6	510.6	33.3	228.6	21.6		
渡島支場	207.4	20.6	104.2	25.5	136.3	27.5	311.7	20.4	170.7	21.5	511.3	30.5	222.2	24.5		
上川支場	222.2	23.0	141.1	16.8	—	—	322.9	17.2	164.8	24.6	543.6	20.8	—	—		
十勝支場	161.9	39.4	120.7	20.7	122.4	34.3	269.5	19.5	149.6	17.7	481.9	23.2	229.7	24.4		
北見支場	182.3	40.0	123.6	21.7	148.6	28.6	303.7	28.4	146.9	32.6	588.1	23.4	261.7	26.7		

註 調査期間は大正1年より昭和21年までの35年間、但し次のものは異なる。

渡島支場 春播小麥：上記の35年間より大正15年より昭和7年までを除く28年間。

秋播小麥：上記の35年間より昭和3年より同7年までを除く30年間。

上川支場 春播小麥、燕麥、大豆、馬鈴薯：大正1年より昭和12年までの26年間。

十勝支場 春播小麥、秋播小麥：大正9年を除く34年間。

燕麥：大正9年及び同14年を除く33年間。

玉蜀黍：大正1年を除く34年間。

北見支場 玉蜀黍：大正1年を除く34年間。

この表より農業試験場の豊凶考照試験でも一般に変異の中の広い作物は水稻であつて、それは地域的に大きい差を示して居り、十勝及び北見の変異係数は約40%で最も大きく、本場、渡島及び上川の両支場ではその変異係数が約20~24%であつて、豊凶の差が前記十勝及び北見に比較して非常に小さい。次に地域的に豊凶の差の大きい作物は秋播小麦であつて水稻と同様に北見及び十勝でその変異係数大きく、本場では小さい。春播小麦は一般に秋播小麦に比較し変異係数小さく、又地域的にその係数間に大きい差は認められない。馬鈴薯は支廳別反収では一般に変異係数の小さい方の作物であつた

が試験場のこの試験では水稻に次いで一般に変異係数が大きく、却つて支廳別反収で変異の大きかつた大豆より大きい。玉蜀黍の変異係数には殆んど地域的差は認められず、又燕麥及び大豆でも北見を除けばその他の個所ではそれらの変異係数の間には大きい差は認められない。一般的に言うると支廳別反収と殆んど同様に地域的に見れば十勝及び北見支場で他の場所より変異係数が大きい。

(2) 稲反収と他主要作物反収の相關々係

支廳別稲反収と小麦、燕麥、大豆、馬鈴薯及び玉蜀黍のそれぞれの反収との相関係数は第24表の通りである。

第24表 北海道の支廳別の稲反収と小麦、燕麥、大豆、馬鈴薯及び玉蜀黍の反収との相関係数

支廳名	小麦	燕麥	大豆	馬鈴薯	玉蜀黍
石狩	-0.044	-0.041	+0.757**	+0.581**	+0.453**
空知	-0.130	-0.094	+0.375*	+0.615**	+0.416*
上川	-0.096	-0.223	+0.580**	+0.218	+0.473**
後志	+0.008	+0.013	+0.756**	+0.487**	+0.656**
檜山	+0.188	+0.028	+0.778**	+0.465**	+0.625**
渡島	+0.256	+0.104	+0.788**	+0.387*	+0.733**
胆振	+0.113	+0.261	+0.843**	+0.365*	+0.719**
日高	+0.115	+0.288	+0.771**	+0.567**	+0.900**
十勝	+0.043	+0.061	+0.786**	+0.548**	+0.891**
釧路国	+0.133	+0.160	+0.812**	+0.541**	+0.928**
網走	-0.107	+0.195	+0.758**	+0.563**	+0.611**
留萌	-0.084	+0.005	+0.788**	+0.487**	+0.648**

註 日高支廳の玉蜀黍の値は大正9年を除く34年間の結果である。

この表より一般的に稲の収量と高い正の相関を示す作物は大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯であつて燕麥及び小麦は殆んど相関がないことが認められる。そしてこの関係は1~2の例外を除けば各支廳に於いて同じ傾向であつて、このことより北海道では稲の豊凶は大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯の豊凶と一致して居ること、小麦及び燕麥の豊凶とは必ずしも致しないことが認められる。

次に北海道農業試験場の豊凶考照試験の結果より前記作物について同様な相関係数を算出したところ第25表の結果を得た。

この表より小麦は春播でも秋播でも稲と有意な関係のないことが認められ、又燕麥では本場

を除けば小麦と同様である。但し本場では稲と燕麥の間に有意な正の相関が認められるが、これを除けば麥類と稲の豊凶の関係は支廳別反収の場合と全く同様である。併し支廳別反収では非常に高い正の相関々係を示した大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯に於いて地域的に相関が異り、大豆では上川と十勝で、玉蜀黍では本場と十勝で、又馬鈴薯では本場のみで有意な相関々係が認められるに過ぎず、特に玉蜀黍と稲の本場の相関は負である。

上記の様に本場で水稻と燕麥の間に正の、水稻と玉蜀黍の間に負のそれぞれ統計的に有意な相関が認められることは支廳別平均反収より調査した結果と異り、又藤原氏(1951)の和昭1

年より同20年までの著者と同一資料による調査と異つて居るが、著者の調査に於いて水稻の甚しい凶作年である大正2年を除いた大正1年より昭和21年までの34年間の調査では水稻と燕麥の相関は+0.356、水稻と玉蜀黍の相関は

-0.267となり、前者では $P=0.05$ で僅に有意、後者では無意である。このことは本場に於ける結果が多少偏つた試料であるためと考えられる。

第25表 北海道農業試験場の豊凶考照試験の稻反収と下記作物反収との間の全相関係数

試験箇所	春播小麥	秋播小麥	燕麥	大豆	馬鈴薯	玉蜀黍
本場	-0.073	+0.132	+0.408*	+0.193	+0.529**	-0.359*
渡島支場	+0.261	+0.167	+0.036	+0.300	+0.284	+0.073
上川支場	-0.087	—	-0.166	+0.501**	-0.105	—
十勝支場	+0.063	-0.060	+0.113	+0.561**	-0.113	+0.418**
北見支場	+0.130	-0.064	-0.056	+0.287	+0.045	+0.041

註 調査期間は大正1年より昭和21年までの35年が普通であるが、下記のは異なる。

渡島支場 春播小麥：上記期間より大正15年より昭和7年までを除く28年間。

秋播小麥：上記期間より昭和23年より同7年までを除く30年間。

上川支場 大正1年より昭和12年までの26年間（全試験作物）

十勝支場 春播小麥及び秋播小麥：上記期間より大正9年を除く24年間、燕麥：上記期間より大正9年及び同14年を除く33年間、玉蜀黍：大正1年を除く34年間。

北見支場 玉蜀黍：上記期間より大正1年を除く34年間。

### (3) 考 察

作物の経営單位内に於ける配合は合理的な経営及び輪作等の問題として考察されて居るが、その單位内に於いて年々安定した生産をあげるためにも必要である。この点より豊凶の一致した作物を多種作ることある程度の危険が伴い、豊凶の一致しない作物、換言すると収量の相関が負である作物を作るとは年々の生産を安定させることになる。この様な意味で北海道の主要作物である稻と小麥、燕麥、大豆、馬鈴薯及び玉蜀黍との反収の相関々係を支廳別反収と北海道農業試験場の豊凶考照試験の結果について調査した。

支廳別反収について稻と有意な相関々係のある作物は大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯であつて、これらの作物のうち大豆及び玉蜀黍は稻と同様比較的高温を好む作物であつて、その点豊凶の相関が一致することはうなづけるが、馬鈴薯と稻の収量の高に高い正の相関のあることは一般に考えられて居ることゝ多少異なる。小麥及び燕麥は稻と有意な相関がなく、それはこの兩種の麥の生育期間が稻と異なること及び温度に対する要求も異なること等により起るものと考えられる。

そしてこれらの結果は大後氏(1942)の調査と大体一致して居る。

北海道農業試験場の豊凶考照試験の稻と春播小麥、秋播小麥及び燕麥の反収間に殆んど有意な相関が各試験箇所では認められないのは支廳別反収の場合と同様であるが、支廳別反収では正の有意な相関が認められた稻と大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯に於いて有意な相関が認められない所がある。この様な相違の生ずる原因については明らかでないが豊凶考照試験は一地点での結果であつて、支廳別反収は広い面積に於ける平均した結果であること等が考えられる。

### X. 農業試験場豊凶考照試験成績より調査した水稻の生育期間中の數種特性と収量との相関關係

作物の収量は種々の生育に関係ある條件の綜合作用の結果であつて、それらの諸條件は作物の種々な生育過程に於いて影響し、それらの生育過程に受けた影響が収量の構成上に表われて来る。それで生育期間中の生育に関係ある諸種特性と収量との間の相関は収量豫想上に重大な相関にあると言われて居る。そしてこの様な相

係は多くの作物に於ける特性間の相関現象として調査されて居り、稻についても多くの研究がある。永井氏(1926)は日本の農業試験場の水稻の豊凶考照試験の成績について二百十日の草丈と莖数の積と収量の相関係数を算出し、その係数は場所により異り、この積と収量とが高い正の相関を示す所もあれば、非常に低い正又は負の相関を示す場所もあることを示して居る。又同氏は元陸羽支場の二百十日の草丈×莖数、草丈及び莖数のそれぞれと収量との相関係数を算出し、一般に晩生品種ではこれらの間の相関係数が早生品種に比較して高いことを示して居る。又中村及び相馬両氏(1940)は青森縣農事試験場の水稻豊凶考照試験の結果より黒石町の本場では7月上旬の莖数と収量の高相関があり、五戸分場ではその様な関係が認められないと言つて居り、又大暑の草丈と出穂期の間には正の相関があると言つて居る。

著者は北海道農業試験場の本支場の水稻豊凶考照試験について、主として生育に関係ある特性、即ち草丈、莖数、播種翌日より出穂期まで及び成熟期までの日数と収量の相関々係及びそれらの特性の数種のものについては相互間の相関係数を計算した。尙この様な調査には同一耕種条件下で栽培された同一品種の長期間の調査結果が最も適当と認められるが、この調査期間である大正1年より昭和23年までの37年間ではその様なものがないので、出来るだけ似た品種があればその結果を、又それが得られない場合には各種の最も長年月供試された品種について調査を行つた。

(1) 本場の豊凶考照試験

本場の豊凶考照試験(移植栽培法による)では「赤毛」(大正1年より15同年まで)、「坊主」(大正4年より同15年まで)、「坊主5号」(大正15年以後)及びその他の品種が供試されているが、前記3品種の中で「坊主」及び「坊主5号」は「赤毛」より系統分離により改良された品種で、本場での試験結果では「赤毛」と「坊主」、「坊主」と「坊主5号」間の収量の差は前者については大正4年より同15年までの12年間の比較で、又後者については大正9年より

同14年までの6年間の比較で統計的に有意でないで、前記3品種を殆んど同一のものと考えて大正1年より同4年までは「赤毛」、大正5年より同15年までは「坊主」、昭和2年より同23年までは「坊主5号」の合計37年間の試験結果より、又その37年間の中で特に凶作であつた大正2年を除いた36年間の結果により普通の様に全相関係数を計算した。但し8月15日の草丈及び莖数の調査は昭和4年より始められているので、この特性に関係あるものについては昭和4年より同23年までの20年間の調査成績によつた。

先づ上の様な相関係数の計算の材料である特性についてその平均値及び標準偏差を見ると第26表の通りである。

本場の播種翌日より出穂期までの日数の平均は約93日、又成熟期までの日数の平均は約133日であり、その変異係数はそれぞれ10.1%及び8.7%である。草丈は夏至より大暑、8月15日と可なり伸長することを示して居るが、8月15日以後二百十日までに余り伸長せず、草丈伸長の末期に近いことを示して居る。そしてこの草丈の変異係数は夏至では19.1%であるが、それが時期の進むに従い漸減し、二百十日では11.5%である。莖数の平均は大暑では19.9本であり、二百十日では17.4でそれ等の変異係数はそれぞれ33.1%及び22.5%である。反当玄米

第26表 北海道農業試験場本場の水稻豊凶考照試験の調査結果・数種特性の平均、標準偏差及び変異係数

特 性	平 均	標準偏差	変異係数
出穂期迄日数	92.7日	9.354	10.1%
成熟期迄日数	133.1日	11.615	8.7%
夏至の草丈	17.6cm	3.371	19.1%
大暑の草丈	50.3%	9.240	18.6%
8月15日の草丈 <sup>1)</sup>	86.5%	10.731	12.4%
210日の草丈	89.5%	10.797	11.5%
大暑の莖数	19.9本	6.792	33.1%
8月15日の莖数 <sup>1)</sup>	20.2%	2.455	12.1%
210日の莖数	17.4%	3.919	22.5%
反当玄米容量	219.8升	42.95	22.4%

<sup>1)</sup>は20年間(昭4~昭23)の結果、他は全て37年間(大1~昭23)の結果である。

容量の平均は2.2石で、その変異係数は22.4%であつた。

上記の調査した特性の中で変異係数、詳しくは年による変異係数の大きいものは大暑の莖数、二百十日の莖数、反収及び夏至の草丈であつて、変異係数の小さいものは播種翌日より出穂期及び成熟期までの日数、二百十日の草丈等であることが認められる。

上記特性の間で計算された相関係数は第27表の通りであつて、この表より次のことが認められる。

先づ反収と相関々係の高い特性は、全調査年数で、高い方より順に示すと二百十日の草丈、出穂期の早晚(播種翌日より出穂期までの日数)大暑の莖数、成熟期の早晚(播種翌日より成熟

期までの日数、生育日数)、大暑の草丈であつて、これらの上に示した特性と反収の相関は総て統計的に有意であるが、その中で出穂期及び成熟期の早晚は負その他は正の相関を示している。反収と統計的に有意な相関の認められない特性は夏至の草丈及び8月15日の莖数である。そして特に凶作であつた大正2年の結果を除くとき反収と統計的に有意な相関の認められる特性は二百十日の莖数、二百十日の草丈、出穂期の早晚及び大暑の莖数である。この様な場合全調査期間の相関係数より一般に相関係数が小さくなることが認められるが、二百十日の莖数と反収の場合はその反対であつた。

生育の過程に於ける特殊な時期である出穂期及び成熟期と反収との相関が負であること、と即

第27表 北海道農業試験場本場の水稻豊凶考照試験の數種特性間の相関係数

特 性	調 査 年 数	相 関 係 数	大正2年を除いた 場合の相関係数
反 収 × 出 穂 期 迄 日 数	37	- .627***	- .422**
〃 × 成 熟 期 迄 日 数	〃	- .404**	- .315
〃 × 夏 至 の 草 丈	〃	+ .271	+ .191
〃 × 大 暑 の 草 丈	〃	+ .456**	+ .321
〃 × 8 月 15 日 の 草 丈	20(昭4~23)	+ .430*	—
〃 × 210 日 の 草 丈	37	+ .730***	+ .480**
〃 × 大 暑 の 莖 数	〃	+ .482**	+ .414*
〃 × 8 月 15 日 の 莖 数	20(昭4~23)	+ .012	—
〃 × 210 日 の 莖 数	37	+ .515**	+ .593***
出穂期迄日数成熟期迄日数	〃	+ .932***	+ .893***
夏至の草丈×大暑の草丈	〃	+ .695**	+ .665**
〃 × 8 月 15 日 の 草 丈	20(昭4~23)	+ .752***	—
〃 × 210 日 の 草 丈	37	+ .130	+ .009
大暑の草丈×8月15日の草丈	20(昭4~23)	+ .945***	—
〃 × 210 日 の 草 丈	37	+ .514**	+ .445**
8 月 15 日 × 210 日 の 草 丈	20(昭4~23)	+ .465*	—
大暑の莖数×8月15日の莖数	〃	+ .756***	—
〃 × 210 日 の 莖 数	37	+ .850***	+ .869***
8月15日の莖数×210日の莖数	20(昭4~23)	+ .875***	—

\* P=0.05で、\*\*P=0.01で、\*\*\*P=0.001で統計的に有意であることを示す。

ち出穂期及び成熟期の早い年程収量が一般に多いことが統計的に認められるが、この出穂期と成熟期の相関々係は極めて強く、+0.932であつて、このことは出穂期の早い年は成熟期も早いこと、換言すると水稻の全生育過程の長短は本場では、出穂期までの日数により大体確実に

決定されることを示すものである。そして一般には成熟期よりも出穂期と収量の相関が高いことが認められる。

草丈と収量の相関は既に示した様に時期により差があり、一般に生育初期の草丈は収量と相関が極めて低いが、生育の進むに従い草丈と収

量の相関が漸次高くなつて居る。このことは当然の生理的現象によるものであつて、収量豫想上よりは二百十日の草丈が最も有効である。莖数と収量の相関は大暑と二百十日で統計的に有意であるが、8月15日では無意である。併し8月15日の調査成績は他のものに比較して年数が少ないので他のものとの直接比較は出来ない。

次に各生育時期別の草丈間の相関を見ると一般に近い期日の草丈間の相関は正で有意であつて、遠い期日の間の相関は低い。併し8月15日と二百十日の草丈の相関は正で有意であるが豫想される程高くない。各調査期間の莖数の相関は正で有意であるが、調査期間の差による相違は草丈の場合程大きくなく大休+0.76~+0.88の間である。

(2) 上川支場の豊凶考照試験

上川支場では移植栽培と直播栽培との両方法

で水稻の豊凶考照試験が行われて居り、供試品種に多少の変遷があるが、こゝでは次の材料について調査を行つた。

- a. 大正7年より昭和4年まで「坊主」、それ以後昭和23年までは「坊主6号」のそれぞれの移植栽培によるもの~移植区
- b. 大正7年より昭和4年までは「坊主」、それ以後昭和23年までは「坊主6号」のそれぞれの直播栽培によるもの~直播区

この両種の材料はそれぞれ「坊主」と「坊主6号」の品種より出来て居るが、後者の品種は前者より系統分離により育成されたもので非常に似た特性を有するものとして同一視して取り扱うこととした。両種の材料より生育に関係ある特性の平均値及びその変異係数を示すと第28表の通りであり、調査年数は多少異なるが、播種翌日より出穂期までの日数では移植区が少々長い(この両区の播種期は同一でなく移植の方が

第28表 上川支場に於ける水稻豊凶考照試験の數種特性調査結果

調査特性	移 植 区				直 播 区			
	調査年数	平均値	標準偏差	変異係數	調査年数	平均値	標準偏差	変異係數
播種翌日より出穂期迄の日数	37	88.2日	6.249	7.1%	29	81.5日	5.962	7.3%
播種翌日より成熟期迄の日数	37	128.2日	9.429	7.3%	29	122.1日	10.536	8.6%
大 暑 の 草 丈	36	57.3cm	6.789	11.8%	31	57.2cm	8.447	14.8%
二 百 十 日 の 草 丈	36	89.5cm	6.865	7.7%	31	87.5cm	6.632	7.6%
大 暑 の 莖 数	36	19.2本	4.400	22.9%	31	33.4本	8.774	26.2%
二 百 十 日 の 莖 数	36	17.8本	4.013	22.5%	31	33.9本	4.671	19.5%
反 当 玄 米 容 量	37	2.245石	0.439	19.6%	31	2.215石	0.387	17.5%

早期に播種される),同様のことは播種翌日より成熟期までの日数についても認められ、平均値では移植区128日、直播区122日である。大暑の草丈及び二百十日の草丈についてはこの両区の間に残んど差がないが、大暑の莖数及び二百十日の莖数については何れも直播区が多く、この様な差は直播区が一般に移植区に比し密植であることによる。反収についてはこの両種の栽培法間に殆んど差がなく、又これら諸特性の変異係數にもこの両種の栽培法間に余り大きい差が認められない。そしてこの様な特性の変異の

中の広いのは莖数及び収量で、その狭いのは播種翌日より出穂期までの日数及び二百十日の草丈である。

次に特性間の相関係数を見ると第29表の通りであり、移植区で統計的に有意な相関を示すものは反収に対しては大暑の草丈、二百十日の草丈及び同日の莖数であつて、この3組の中で前の2組は正の、最後の組は負の関係を示して居る。又これらの組の中で最も高い相関を示すのは反収と二百十日の草丈である。出穂期と成熟期の早晚は反収と負の相関を示して居るが、

第25表 上川支場に於ける水稻豊凶考照試験の數種特性間の相関係數

相 対 特 性	移 植 區		直 播 區	
	調査年數	相関係數	調査年數	相関係數
反当玄米容量：播種翌日より出穂期迄の日數	37	-0.7897	29	-0.6937
〃 : 〃 成熟期 〃	37	-0.2786	〃	-0.2956
〃 : 大暑の草丈	36	+0.3624*	31	+0.2866
〃 : 二百十日の草丈	〃	+0.7656**	〃	+0.5864**
〃 : 大暑の莖數	〃	+0.0372	〃	-0.3317
〃 : 二百十日の莖數	〃	-0.4138*	〃	-0.2760
播種翌日より出穂期迄日數：播種翌日より成熟期迄日數	37	+0.4348**	29	+0.8141*
大暑の草丈：二百十日の草丈	36	+0.7433**	31	+0.2420
大暑の莖數：二百十日の莖數	〃	+0.5143**	〃	+0.3599*

何れも統計的に有意でない。又大暑の草丈と反收の関係も明らかでない。出穂期と成熟期、大暑の草丈と二百十日の草丈及び大暑の莖數と二百十日の莖數の間では何れも正の統計的に有意な相関が認められる。

直播区ではその傾向は大体に於いて移植区の場合と同様であるが、反收と統計的に有意な相関のあるのは二百十日の草丈だけであつて、出穂期、成熟期、大暑の莖數及び二百十日の莖數はそれぞれ統計的に有意ではないが反收と負の関係を示している。又出穂期と成熟期大暑及び二百十日の莖數の間には正の統計的に有意な相関が認められるが、大暑と二百十日の草丈の間には有意な相関がない。

移植区及び直播期を通じこの場合收量と最も密接な関係にあるものは二百十日の草丈である。

(3) 十勝支場の豊凶考照試験

十勝支場の豊凶考照試験は直播栽培により行われて居り、品種について多少変遷があるが、この場合大正1年より同5年までは「赤毛」、大正6年より昭和2年までは「坊主」、昭和3年より同23年までは「坊主6号」の合計37年間の材料について調査した。

この調査した特性の平均値及び変異係数は第30表の通りであつて、又特性間の相関係数は第31表の通りである。調査した特性の中で変異係数の大きいものは反收で、その値は約38

第30表 十勝支場に於ける水稻豊凶考照試験の特性調査結果

調 査 特 性	調査年數	平均 値	標準偏差	変異係數
播種翌日より出穂期迄日數	37	97.5日	8.13	8.4%
播種翌日より成熟期迄日數	35)	133.9日	8.30	6.0%
大 暑 の 草 丈	37	46.7cm	7.13	15.3%
二 百 十 日 の 草 丈	〃	83.9cm	10.54	12.6%
大 暑 の 莖 數	〃	20.1本	5.34	26.5%
二 百 十 日 の 莖 數	〃	18.7本	3.38	18.1%
反 當 玄 米 容 量	〃	1.634石	0.628	37.7%

1) 大正1年及び同2年、昭和16年及び同20年を除く；此等の年は成熟期に達しなかつた。

%であり、次に大きいものは大暑の莖數である。

反收と相関係数の高い特性は正の方では二百十日の草丈でその係数は+0.7646、負の方では成熟期で、その係数は-0.3828であつて、この両者は何れも統計的に有意である。その他の特

性は總て反收と有意な相関を示さないが、出穂期及び大暑の莖數は負の、大暑の草丈及び二百十日の莖數は正の値を示して居る。出穂期と成熟期、大暑と二百十日の莖數の間には正の有意な相関が認められるが、大暑の草丈と二百十日の草丈では上川支場の直播の場合と同様に統計



第31表 十勝支場の水稻豊凶考照試験に於ける特性間の相関

相 対 特 性	調査年数	相 関 係 数
反當玄米容量：播種翌日より出穂期迄の日数	37	- .2399
〃 : 〃 成熟期 〃	33	- .3828*
〃 : 大暑の草丈	37	+ .2566
〃 : 二百十日の草丈	〃	+ .7646**
〃 : 大暑の莖數	〃	- .1622
〃 : 二百十日の莖數	〃	+ .0855
播種翌日より出穂期迄の日数：播種翌日より成熟期迄の日数	33	+ .5329**
大暑の草丈：二百十日の草丈	37	+ .2379
大暑の莖數：二百十日の莖數	〃	+ .7880**

的に有意な相関は認められない。

(4) 北見支場の豊凶考照試験

北見支場の水稻豊凶考照試験の中より大正 4 年より昭和 15 年までの「坊主 5 号」の移植区のものと同年間同品種の直播区の二系列の試験結果について調査を行った。その材料の詳しいことは次の通りである。

a. 移植区～大正 15 年より昭和 23 年までの調査材料の中で、昭和 6 年、同 16、17、20、21 及び 23 年を除いた 17 年間とした。これらの除かれた年の中で昭和 6 年は障害により移植栽培が実施出来なかつた年であり、昭和 16、17、20 及び 22 年は特に氣候の不良な年で成熟期に達

しなかつた。又昭和 23 年は特に平年に比較し播種期の遅い年である。

b. 直播区～大正 15 年より昭和 23 年までの 23 年間であるが、但し出穂期については昭和 20 年を、又成熟期については昭和 16、17 及び 20 年を上記 23 年間より除いた。

この 2 種の材料について調査した結果は第 32 表及び第 33 表の通りである。

調査した特性の平均値及び変異係数を見ると移植区と直播区ではその調査年数が多少異り、特に移植区では凶作の年が大部分除かれているので草丈及び反収については移植区がよい結果を示して居る。変異係数を見ると移植区及び直

第32表 北見支場に於ける水稻豊凶考照試験の特性調査結果

調 査 特 性	移 植 区				直 播 区			
	調査年数	平均値	標準偏差	変異係数	調査年数	平均値	標準偏差	変異係数
播種翌日より出穂期迄の日数	17	95.8日	8.841	9.2%	22	82.2日	9.873	12.0%
播種翌日より成熟期迄の日数	17	133.5日	12.318	9.2%	20	122.3日	11.249	9.2%
大 暑 の 草 丈	〃	54.1cm	8.781	16.2%	23	51.9cm	13.19	25.5%
二 百 十 日 の 草 丈	〃	95.5cm	11.705	12.3%	〃	87.7cm	11.99	13.7%
大 暑 の 莖 數	〃	17.5本	3.164	18.1%	〃	29.6本	5.615	19.0%
二 百 十 日 の 莖 數	〃	17.2本	3.438	20.0%	〃	25.2本	5.331	21.1%
反 當 玄 米 容 量	〃	2.142石	0.936	43.7%	〃	1.96石	.942	48.0%

播区で殆んど同様な傾向であつて、その値の大きいものは反収で、その係数は移植区で約 44 %、直播区では約 48 %である。変異係数の小さい特性は播種翌日より出穂期及び成熟期までの日数である。

次に特性間の相関々係を見ると移植区及び直播期で大体同様な傾向であり、反収と高い相関のある特性は二百十日の草丈、出穂期までの日

数、大暑の草丈等であつて、この中で出穂期までの日数と反収の關係は負であるが、その他は正である。又出穂期と成熟期の相関は正で統計的に有意であるが、大暑と二百十日の草丈、大暑と二百十日の莖數間には統計的に有意な相関は認められない。

(5) 考 察

作物の収量は既に述べた様に種々な條件によ

第33表 北見支場の水稻豊凶考照試験の特性間の相関

相 対 特 性	移 植 区		直 播 区	
	調査年数	相関係数	調査年数	相関係数
反當玄米容量：播種翌日より出穂期迄日数	17	-0.7094**	22	-0.6010**
〃 : 〃 成熟期 〃	〃	-0.5173*	20	-0.4364
〃 : 大暑の草丈	〃	+0.6963**	23	+0.6665**
〃 : 二百十日の草丈	〃	+0.7269**	〃	+0.7124**
〃 : 大暑の莖数	〃	+0.3430	〃	-0.1720
〃 : 二百十日の莖数	〃	+0.2221	〃	-0.0849
播種翌日より出穂期迄の日数：播種翌日より成熟期迄の日数	〃	+0.7378**	20	+0.5262**
大暑の草丈：二百十日の草丈	〃	+0.1907	23	+0.3838
大暑の莖数：二百十日の莖数	〃	+0.2131	〃	+0.1821

り響響されるが、同一地に於ける数年間にわたる収量の変化は地力の減退が著しくない限り主として氣象條件に支配されるものである。特に水稻の様に元來熱帯原産の作物をその經濟栽培の北限である北海道で栽培する場合その収量の年変化の大部分は氣象條件によるものが容易に推論される。この様な氣象條件の影響は水稻の生育の各時期に於いて作用し、それらの作用が綜合されて収量を構成するのであるが、生育に關係ある特性、例えば草丈、莖数、出穂期、成熟期等は、その時期までの氣象條件により影響されて居り、それ等の影響を示す一種の指標とも認められる。その様に考えるとき生育期間中の生育に關係ある特性の変化は収量にある程度豫想せしめる材料を提供するものである。古く

より多くの研究者が各種の作物について生育期間中の作物の草丈、莖数等生育を直接又は間接に示す特性と収量との關係を調査して居るが、これらの調査の方法として多くはこの様な特性と収量の相関係数を調査することが行われて居る。

著者は北海道農業試験場本場、上川支場、十勝支場及び北見支場の水稻豊凶考照試験の調査成績について出穂期、成熟期、草丈、莖数と収量の相関係数を算出し、又出穂期と成熟期、各調査時期の草丈間及び莖数間の相関係数を算出した。今その中で収量とその他特性との相関を全調査地を一緒に示すと第34表の通りである。

第34表 北海道農業試験場豊凶考照試験の水稻の反収と其の他特性との相関係数

特 性	本 場	上 川 支 場		十勝支場	北 見 支 場	
	移 植	移 植	直 播	直 播	移 植	直 播
反収：出穂期迄日数	-0.627**	-0.290	-0.070	-0.240	-0.709**	-0.601**
〃 : 成熟期迄日数	-0.434**	-0.279	-0.296	-0.383*	-0.517*	-0.436
〃 : 大暑草丈	+0.456**	+0.362*	+0.287	+0.257	+0.696**	+0.667**
〃 : 二百十日草丈	+0.736**	+0.766**	+0.588**	+0.765**	+0.727**	+0.712**
〃 : 大暑莖数	+0.482**	+0.037	-0.332	-0.162	+0.343	-0.172
〃 : 二百十日莖数	+0.515**	-0.413*	-0.276	+0.086	+0.221	-0.085

全般的に見て反収と出穂期及び成熟期とは負の相関を有して居り、生育の遅延は反収の減少を來すことを示して居る。このことは北海道の様な寒冷な地方に於いては當然のことであり、出穂期の遅延は全般的に見て気温の低いことにより生ずるもので、かかる場合その後の氣

温の上昇も収量に余りよい結果を與えないと思われる。但し田澤氏(1947)が述べている様に生育前期の低温も後期の高温により多少補償されると言うことは、著者の場合の上川支場及び十勝支場の場合の如く、出穂期と反収の相関係数が負であるが統計的に有意でないことにより

推定されるようである。そして本場及び北見支場では出穂期の早晚と収量の間には $P=0.01$ で有意な相関が認められる。成熟期の早晚と収量の間にも出穂期の場合と殆んど同様な傾向で、このことは出穂期と成熟期の間にも相関が各調査地に於いて統計的に有意であり可なり高いことにより当然豫想されることである。即ち一般的に出穂期の早い年は成熟期も早く、収量も多いことが認められる。

大暑の草丈及び二百十日の草丈と収量の相関々係は第34表の通り総ての調査地で正であり、この両調査期の草丈の高い年は収量が多いと言うことを示して居る。この両期の草丈の中で二百十日のものは各調査地で他の調査特性と比較して収量と最も高い相関々係を示して居るものであつて、その係数は総て $P=0.01$ で統計的に有意であつて、上川支場の直播の場合を除けばその値は $+0.71$ と $+0.77$ の間にあり、収量豫想上最も信用出来る特性と考えられる。この様に二百十日の草丈が収量と相関々係の強いことについては大後氏(1944)の報告して居ることゝ一致する。大暑の草丈と収量の相関も大体に於いて統計的に有意であるが、上川支場の直播区及び十勝支場では有意でない。又大暑の草丈と二百十日の草丈の相関々係は全調査地で正で統計的に有意であることが認められる。このことは大暑までの気候のよい年はその後も大体に於いて良好な気候に恵まれることを意味するものと考えられ、殊に水稻の様に土壤水分が特殊な場合を除いて問題にならない場合草丈の伸長には主として気温が作用し、この気温は既に述べた様に大体7月の各月のものとその前後の旬のものとの間に正の相関のあることがこの間の関係を暗示しているようである。

大暑及び二百十日の莖数と収量の関係は調査地により異り、その相関係数は正の場合と負の場合がある。これらの中で統計的に有意な値を示す所は本場及び上川支場の移植区の場合で、これら以外は総て統計的に有意でない。又移植と直播の場合を比較すると例外はあるが一般に移植で正の、直播では負の相関係数が認められる。この様な差の生ずる原因については未だ明

かでないが、移植と直播の場合の分蘖の状態が異なることによるものと考えられる。又本場では正の有意な相関が認められるに対し、上川支場では負の有意な相関が認められ、その他の調査地では有意な相関が認められず、地域的に見て莖数と収量の関係は生育後期の気温の高い所では正、その低い所、即ち生育期間の短い所では殆んど認められない様である。又大暑の莖数と二百十日の莖数の相関々係は本場及び上川支場の移植の場合を除きその他では総て統計的に有意でない。そして一般に二百十日の莖数と収量の間には正の高い相関があると言う大後氏(1944)の報告は北海道の一部にはあてはまるが、その他ではあてはまらない。

この様に北海道に於いて生育過程より収量を豫想する資料としては莖数より寧ろ草丈が重要であることが認められるが、更にその調査時期が問題になる。北海道農業試験場では古くより大暑と二百十日の二回に調査されて居り、又その後上記以外に夏至と8月15日に調査されて居る。そして生育後期の草丈程収量との相関々係が高くなることは一般に想像されることで、一般に二百十日の草丈が収量と高い相関々係にあることが色々な理由より説明されて居る〔永井氏(1926)〕。そしてこの時期が大体に於いて収量と最も関係の強いことが豫想されるとしても今後の問題として地域的にこの相関々係の最も高い時期に差があるかどうか等を研究する必要があると考えられる。

## Ⅹ. 耕種方法の差が稲収量の年變異に及ぼす影響

安定した耕種法と言うのは年々の収量が多くそのうえ年による収量の変化の少ないことがその要件になつて居る。作物の耕種法の相違による収量の年変異については余り多くの研究報告がないが、外國ではこの問題を統計的に取り扱つた報告がある。

Fisher氏(1921)は英國に於いて施肥量の差が小麦の収量の年変異に及ぼす影響について、その研究方法を説明し、その結果を報告して居り、同様な研究を Kalamkar氏(1933)は家畜

ビートについて行つて居る。又一般には寒冷地に於いて水稻の早生品種は晩生品種に比較して氣候の良好な年には収量は低いが、氣候不良の年では反対になることが知られて居り、このことは晩生品種の収量の年変異の大きいことを示すものである。そしてこの様に年変異に差を生ずる原因は年々の氣象條件に対する種々な耕種條件の反応に於いてその中に変化のあることにより起されるもので、農業上の圃場試験場で同一試験が数年間反覆されることはこの年変異のためであり、収量の様に年変異の大きい特性については又特に年々の氣象條件の変化の甚しい地域ではこの様な試験は更に多年間行うことの必要なことが一般に知られて居る。

著者は北海道農業試験場に於いて多年にわたり継続行われた各種の試験の中で特にこの調査の目的に適合した数種の試験について耕種法と収量の年変異の関係を調査した。

#### (1) 肥料の種類及び施用量と稲反収の年變異

作物を連作する場合に作物の収量の年々の変化は氣象條件の変化と、地力の一定傾向の変化及びその他によるものであることが認められて居る。又作物により連作による減収の甚しいものとそうでないものがあり、一般に水稻はその湛水状態に於ける特殊な管理方法と共に連作が行われて居る。併しこの作物に於いても長年の湛水状態に於ける耕作による水田老朽化の問題と又農業経営の合理化のために田畑輪換栽培が新しい問題となつて居る。

著者は北海道農業試験場本場に於ける連作による水稻の肥料試験について地力の変化及び氣象條件による水稻収量の変化を Fisher氏(1921)に従い直交多項式 (Orthogonal polynomial) により調査した。併し Fisher氏 (1921), Kalamkar氏 (1933), Tin氏 (1941) が述べて居る様にこの様な調査には長年月にわたる結果が望ましく、少くとも30年以上のものがよいと言われて居るが、著者は上記試験の昭和1年より同23年までの23年間の資料により調査を行つた。それで年数の短い欠点があげられるが、現在この様な調査にはこれ以上適当な材料がないのでこれによることとした。この試験は2つ

の独立して行われたものより出来て居り、その1つは水田有機物減耗試験と称されて居るもので、他は水田三要素試験である。

本場に於ける上記2種の試験の他に上川支場に於ける昭和6年以來続けられて居る水田地力に関する試験、昭和7年以來続けられて居る水田肥料三要素試験及び昭和7年以來昭和17年まで11年間続けられた水稻堆肥用量試験がある。これらの上川支場の試験はその年数が短い、収量の年変異について普通の方法で調査する材料として役立つものと考えられるので収量の年変異係数を算出することとした。

以上の試験方法の概要については各々の項で説明することとし、こゝでは本場の試験について使用した統計的方法を説明すると次の通りである。

本場の昭和1年より同23年までの23年間の材料から、この間の収量の変異を Fisher氏 (1921) に従い、i) 地力の減退 (Soil deterioration), ii) 地力の緩慢な変化 (Slow change) iii) 年変異 (Annual variation) に分け、その各々の不偏分散 (バリエーション) を計算する方法によつた。その方法の概要は次の様であるが、詳しいことは前記 Fisher氏, Davis 及び Palllesen 両氏 (1940) 及び統計数値表 I (1945) を参照されたい。そしてこゝで地力の減退は肥料の自然供給量の消耗、未知の微量要素の減少、その他によるものであつて、緩慢な変化と言うのは豫想出来ない、且つその原因の知ることの困難なものであり、年変異は主として氣象條件の直接又は間接の影響によるものと言われて居る。

今年次を  $t$ 、収量を  $y$  で表わし、各年の収量の豫想値を  $Y$  とするとき、 $Y$  は年次に対し次の式で表わされる。

$$Y = a + bt + ct^2 + dt^3 + \dots \quad (1)$$

そしてこの曲線回歸式では項の数により係数が変化する不便があるので Fisher氏はその様な不便を除くため直交多項式を考案した。その式は次の通りである。

$$Y = A_0 + A_1\xi_1 + A_2\xi_2 + A_3\xi_3 + \dots \quad (2)$$

(Fisher氏の原著では  $Y = A + B\xi_1 + C\xi_2 + D\xi_3$ )

+……と前の記号と変つたものを使用して居るが、こゝでは統計数値表 I の記号に従つた。

上の式で  $A_0, A_1, A_2, \dots$  は係数、 $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \dots$  は年の 1 次、2 次、3 次……の直交函数と呼ばれるものである。Fisher 氏等は連作の場合の地力の変化（又は収量の変化）を示すには 5 次位までの項を計算することで充分であると言つて居り、1 次の係数は地力の減退を示し、2 次以下の係数は緩慢な変化を示すものである。

そしてこれらの係数及び直交函数は次の様にして算出される。今調査年数を  $n'$  とし、年次を  $x$  (1 より  $n'$  まで変化する) とするとき、

$$\begin{aligned} \xi_1 &= x - \bar{x} \\ \xi_2 &= \xi_1^2 - \frac{n'^2 - 1}{12} \\ \xi_3 &= \xi_1^3 - \frac{3n'^2 - 1}{20} \xi_1 \\ \xi_4 &= \xi_1^4 - \frac{3n'^2 - 13}{14} \xi_1^2 + \frac{3(n'^2 - 1)(n' - 9)}{560} \\ \xi_5 &= \xi_1^5 - \frac{5(n'^2 - 7)}{18} \xi_1^3 + \frac{15n'^4 - 230n'^2 + 407}{1008} \xi_1 \end{aligned}$$

であり、又各年の収量を  $y$  とするとき

$$\begin{aligned} A_0 &= \bar{y} = \frac{1}{n'} S(y) \\ A_1 &= \frac{12}{n'(n'^2 - 1)} S(y\xi_1) \\ A_2 &= \frac{180}{n'(n'^2 - 1)(n'^2 - 4)} S(y\xi_2) \end{aligned}$$

で、その一般式は

$$A_r = \frac{(2r)! (2r+1)!}{(r!)^4 n' (n'^2 - 1) \dots (n'^2 - r^2)} S(y\xi_r)$$

である。そしてこの様な計算には既に表も出来て居り（統計数値表 I），又その他簡単な計算法もあり、それらについては Fisher 氏 (1936), 統計数値表 I 等を参照されたい。

次に上の直交多項式に於ける項の不偏分散を計算し、分散分析を行うのであるが、この不偏分散は次の様にして計算される。今不偏分散を  $u_r^2$  で示すとき、

$$u_r^2 = \frac{(r!)^4}{2r! (2r+1)!} n' (n'^2 - 1^2) (n'^2 - 2^2) \dots (n'^2 - r^2) A_r^2 \quad (3)$$

であり、この式で  $r$  は係数の次数を示して居り、

$A_r$  は  $r$  次の係数を示して居る。そしてこれらの不偏分散は誤差の不偏分散

$$s^2 = \frac{1}{n' - r - 1} \left\{ S(y^2) - n' A_0^2 - \frac{n' (n'^2 - 1)}{12} A_1^2 - \dots \dots \dots \right\} \quad (4)$$

との比によつて F- 検定法により、その係数の統計的有意性が検定されるが、(4) 式の右辺の  $n' - r - 1$  は誤差の自由度であり、 $S(y^2) - n' A_0^2$  は普通の分散分析に於ける  $S(y - \bar{y})^2$ 、即ち全体の偏差平方和に相当する。又(4)式は全体の不偏分散から地力の減退及び緩慢な変化の寄與部分を除いたものである故年変異の不偏分散とも見ることが出来る。Fisher 氏 (1921, 1936), Kalmkar 氏 (1933) はこの各係数の不偏分散の平方根（係数と同一符号を持つ）を(4)式の  $s$ 、即ち推定標準誤差と比較して t- 検定法によりその有意性を検定して居り、この比は  $A_r$  を  $A_r$  の推定標準誤差で割つたものに相当する。著者もこの方法によつて有意性の検定を行つた。 $s$  を標準残差 (Standard residue) と呼ぶこともある。

次に  $Y$  を計算するには Fisher 氏 (1936), 統計数値表 I (1945) により定差法によつて行つた。

2. 本場有機物減耗試験

この試験は昭和 1 年以來続けられて居り、その 1 区面積は 20 平方米、一区制で、供試品種は「坊主 5 号」であつて、次の 8 処理より構成されている。

試験番号	處 理	随 當 施 用 量 (kg)				
		厩肥	糠粕	大豆粕	硫酸	過石
A 1	無肥料	—	—	—	—	—
A 2	過磷酸石灰	—	—	—	—	300
A 3	無機質肥料	—	—	—	281	300
A 4	糠粕配合	—	562	—	—	300
A 5	大豆粕配合	—	—	487	94	300
A 6	厩肥配合(1)	3,750	—	—	281	300
A 7	厩肥配合(2)	5,620	—	—	281	300
A 8	厩肥配合(3)	7,500	—	—	281	300

この試験の昭和 1 年より同 23 年までの 23 年間の各処理の収量を示すと第 35 表の通りであつて、その平均値、標準偏差、年変異係数及び収量の年平均増加又は減少を示すと第 36 表の通

りである。

平均反収は明かに施肥量の多いものが多く、一般に厩肥配合区が優れて居り、次は大豆粕又は糠粕の様な有機質肥料を配合した区がよく、無肥料区及び過磷酸石灰区は明かに収量が少い。次にこれらの処理の年変異係数は直交多項式の応用により地力の減退及び緩慢な変化を除いて計算されて居るもので、主として気象条件の直接又は間接の影響によるものと見ることが出来る。そしてその値を見ると無肥料区、過磷酸石灰区及び無機質肥料区は何れも大体 35 %

以上で、他の処理区より大きく、それに対し有機質肥料を施用した区の年変異係数は大体25%以下で、特に厩肥配合の各区は少ないことが認められる。この結果より有機質肥料、特に厩肥を水田に使用することは収量も多く且つ年々の収量の変化少なく、即ち収量の安定していることを示して居る。

次に直交多項式の各項の不偏分散の平方根(係数と同符号をつけて示す)と標準残差を示すと第37表の通りである。この表より1次の係数  $A_1$  で示される地力の変化は何れも統計的に

第35表 北海道農業試験場本場水田有機物減耗試験の各年の収量及びその直交多項式による推定収量 (単位: 穀重, 陌當1000kg)

年次	無 肥		過磷酸石灰用		無機質肥料		糠 粕 配 合		大豆粕配合		厩 肥(1)		厩 肥(2)		厩 肥(3)	
	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値
昭利 1	1.52	2.37	1.59	2.31	2.14	2.96	1.88	2.60	1.76	2.41	1.97	2.64	1.81	2.47	1.75	2.46
2	4.19	3.01	4.18	3.20	5.04	3.82	4.61	3.79	4.68	3.76	4.78	4.10	4.89	4.25	5.14	4.34
3	3.77	3.10	4.13	3.46	4.43	4.10	5.02	4.31	4.65	4.34	5.63	4.74	5.82	5.08	6.02	5.20
4	2.67	2.89	2.78	3.34	3.60	4.04	4.13	4.40	4.25	4.42	4.41	4.85	4.91	5.24	4.88	5.38
5	1.91	2.55	2.63	3.02	3.86	3.78	4.05	4.24	4.25	4.22	4.30	4.65	4.45	5.02	4.74	5.17
6	1.56	2.20	2.57	2.66	2.76	3.47	3.48	3.97	3.20	3.89	4.20	4.31	4.95	4.62	5.14	4.77
7	2.08	1.92	2.19	2.35	3.22	3.19	3.47	3.69	3.61	3.57	3.65	3.95	3.69	4.19	3.76	4.35
8	1.71	1.76	2.11	2.15	2.96	2.99	3.52	3.46	3.31	3.31	3.62	3.65	3.92	3.83	3.97	4.00
9	1.51	1.74	1.72	2.07	2.35	2.89	2.73	3.33	2.63	3.17	2.91	3.45	3.60	3.59	3.07	3.77
10	2.12	1.83	2.46	2.12	3.23	2.90	3.52	3.29	3.34	3.14	3.48	3.38	3.52	3.51	3.85	3.69
11	2.52	2.02	2.73	2.28	3.48	3.00	3.76	3.35	3.60	3.23	3.85	3.42	3.93	3.55	4.15	3.74
12	2.43	2.26	2.62	2.50	3.57	3.16	4.09	3.47	3.93	3.39	4.32	3.54	4.35	3.71	4.59	3.90
13	2.73	2.50	2.82	2.74	3.48	3.36	3.63	3.62	3.69	3.59	3.72	3.72	4.29	3.92	4.35	4.11
14	3.04	2.70	3.32	2.94	3.83	3.54	4.10	3.78	4.20	3.79	4.42	3.91	4.37	4.15	4.77	4.33
15	2.66	2.83	2.94	3.08	3.83	3.67	4.24	3.89	4.00	3.93	4.30	4.06	4.56	4.34	4.68	4.50
16	1.69	2.84	1.93	3.11	2.20	3.74	2.35	3.95	2.29	4.01	2.49	4.15	2.71	4.44	2.99	4.59
17	3.05	2.74	4.05	3.01	4.05	3.71	4.40	3.91	4.50	3.99	4.50	4.16	5.06	4.45	5.10	4.56
18	2.35	2.53	2.41	2.81	3.75	3.60	4.03	3.80	4.11	3.87	4.19	4.08	4.12	4.34	4.35	4.42
19	2.35	2.26	2.11	2.53	3.52	3.44	3.76	3.63	4.01	3.70	4.03	3.95	4.44	4.16	4.11	4.20
20	1.58	2.02	1.90	2.26	2.20	3.28	1.61	3.44	1.65	3.53	2.47	3.83	2.73	3.98	2.25	3.97
21	3.07	1.91	2.98	2.11	4.81	3.22	5.01	3.33	5.52	3.47	5.56	3.81	5.63	3.90	6.03	3.83
22	1.94	2.16	2.62	2.25	3.22	3.38	3.48	3.40	3.58	3.68	4.14	4.03	3.97	4.10	4.27	3.98
23	2.70	2.94	2.44	2.90	3.62	3.94	3.59	3.82	3.95	4.34	4.19	4.68	4.45	4.81	3.95	4.63
計	55.15	55.08	61.23	61.20	79.15	79.18	84.46	84.47	84.77	84.78	91.03	91.06	95.57	95.59	97.91	97.89

有意でなく、この試験の様な処理を少なくとも 23 年間続けても地力の一定傾向の変化が認められない。唯無肥料区、過磷酸石灰区、糠粕配合区及び厩肥配合区(3)ではそれらの係数の符号

は負であるが、その他の区では正である。次に 2 次より 5 次までの係数で示される地力の緩慢な変化は殆んど統計的に有意でないが、但し 5 次の係数の中で厩肥配合の総ては統計的に有意

第36表 北海道農業試験場本場水田有機物減耗試験調査結果

試験処理	親平均重	標準偏差	年変異係数	収量の年平均増加又は減少
	1000kg/ha		%	1000kg/ha
無肥料	2,398	0.8472	35.2	-0.0063
過磷酸石灰単用	2,662	1.0517	39.6	-0.0514
無機肥料	3,441	1.2570	36.5	+0.0022
鯨粕配合	3,672	.8072	22.0	-0.0022
大豆粕配合	3,686	.9097	24.6	+0.0102
厩肥配合(1)	3,958	.8219	20.7	+0.0053
〃(2)	4,155	.8213	19.8	+0.0043
〃(3)	4,257	.9503	22.3	-0.0049

第37表 北海道農業試験場本場水田有機物減耗試験の直交多項式の各項の不偏分散の平方根

試験処理	u <sub>1</sub>	u <sub>2</sub>	u <sub>3</sub>	u <sub>4</sub>	u <sub>5</sub>	S. R. (1)
無肥料	-0.2027	+0.6299	-0.6966	+0.0263	+1.7823	0.8472
過磷酸石灰単用	-0.4460	+0.2747	-0.5041	-0.4161	+1.8513	1.0517
無機肥料	+0.0192	+0.5900	-0.1296	-0.5902	+1.5122	1.2570
鯨粕配合	-0.0192	-0.1368	+0.3247	-0.9973	+1.5049	0.8072
大豆粕配合	+0.3260	+0.2463	+0.4646	-1.0112	+1.8338	0.9097
厩肥配合(1)	+0.1688	+0.4999	+0.7622	-1.2588	+1.7981*	0.8219
〃(2)	+0.1380	+0.2632	+0.8754	-1.6252	+2.1866*	0.8213
〃(3)	-0.1556	-0.1279	+0.8078	-1.6365	+2.2227*	0.9503

1) 標準偏差

であり、これらの区では緩慢な永年の変化 (Secular change) が存在する。

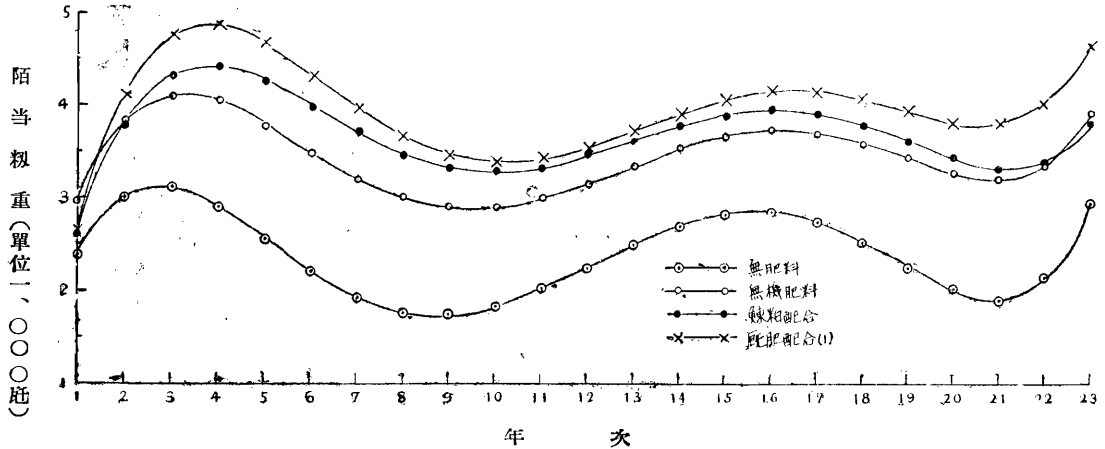
次に定差法によつて各年の推定収量を算出したのであるが、その結果は第35表の通りで、それを図示したのが第12図である。この図では試験処理の中で無肥料区、無機肥料区、鯨粕配合区及び厩肥配合区(1)のみを示したのであるが、過磷酸石灰区は無肥料区と殆んど同じ変化の傾向を示して居り、大豆粕区は鯨粕区に、又厩肥配合(2)及び(3)は同(1)によく似て居るので、この図より省略した。そしてこの図より明らかな様に総ての処理区の変化の傾向は殆んど同様であつて、昭和1年より漸次収量は多くなり、昭和3~4年に1つの山が表われ、その後は収量が減少の傾向をたどり、昭和9年又は10年に谷を示して居り、次の山は昭和15~16年頃で、それ以後再び減少し、昭和21年に谷を示し、その後再び増加して居る。

b. 本場水田三要素試験

この試験も前記試験と同様昭和1年以來続け

られて居るが、この調査に使用した期間は昭和23年までの23年間である。供試品種は「坊主5号」で、その1区面積は10平方メートルで、1区制であつて、その処理は無肥料区、窒素単用区、リン酸単用区、無窒素区、無リン酸区、無加里区、三要素区、石灰単用区、石灰加用無窒素区、石灰加用無リン酸区、石灰加用無加里区及び石灰加用三要素区の12種類である。そして各要素の施用量は総て100斤で、窒素は硫酸安母尼亞で、リン酸は過磷酸石灰で、加里は硫酸加里で施用した。

この試験の各処理の毎年の収量を示すと第38表の通りであり、それより各処理の平均収量及び変異係数等を示せば第39表の通りである。平均収量は石灰の加用に関係なく三要素区が最も多く、次は無加里区、無リン酸区の順であるが、収量の最も低いのは無肥料区である。又石灰単用区の平均収量も無肥料区と殆んど差がない。三要素より言えば窒素の肥効が最も著しく、次はリン酸で、加里の肥効は非常に微かであ



第12圖 北海道農業試験場本場の水田三要素試験の収量の直交多項式による計算値を示す。

る。又石灰について見ると一般に石灰加用がそうでない相対する処理の区より僅に収量が多い。

収量の年変異係数（地力の減退及び緩慢な変化を除く）は石灰を考慮に入れない場合大体に於いて三要素区最も小さく、その値は31.5%（石灰無加用）及び24.8%（石灰加用）であつて、次に小さいのは無加里区、無窒素区、磷酸単用区等である。年変異の甚しい区は窒素単用及び無磷酸で、それらの変異係数はそれぞれ38.3%及び40.2%である。次に石灰の有無について見るとき三要素のそれぞれについて同一処理の区を比較して見るとき、石灰加用区は何れも無加用区に比較して変異係数の小さいことが認められる。次に直交多項式の係数  $A_1$  で示される地力の変化の傾向は収量の年平均増加又は減少を示すものであるが、次に示す様にその値は総ての処理区で統計的に有意でない。併しその符号は石灰加用無磷酸区及び窒素単用区で正、その他の処理では負であり、この場合窒素が地力の維持増進に僅に役立つ様に思われる。但し三要素区では減少を示して居る。

収量の永年的変化を示す直交多項式の不偏分散の平方根（標準偏差）と標準残差を示すと第40表の通りである。この区で各処理ともに1～4次の係数で有意（ $P=0.05$ ）であるものは認められないが、5次の係数については窒素単用区が統計的に有意である。

この直交多項式による各処理の推定収量を定

差法により算出したところ第38表の様な値を得た。それを図示したのが第13図である。これらの表及び図より各処理の推定収量の変化を見るとき、全般的に見て、試験開始より漸次収量が増加し、昭和3～4年に第1回目の山を示し、その後昭和8～9年頃まで減少し、この年に第1回目の谷を形成して居る。その後再び増加の傾向を示し、昭和14～15年に第2回目の山を作り、その後再び減少し、無肥料区以外では昭和21年に第2回目の谷を示して居る。そして無肥料区では他の処理区と異り第2回目の山は明らかでないが；昭和18年頃であつて、その後他の処理に見られる様な増加が認められない。

次に無肥料区と窒素単用区の収量を比較して見るとき全般的に収量の低い年、即ち環境が稲作に不良な年ではこの両者の収量間に大差がないが、全般的に収量の多い年、即ち環境が稲作に好適した年ではこの両者の収量の差は極めて著しく、同様な傾向は無磷酸区と無肥料区の間でも認められる。三要素及び無加里区は毎年殆んど同様にその他の区より収量の多いことが認められるが、この両者の収量間の差は試験の初期に甚しく、後期に於ては差が小さくなつて居る。この様な現象は石灰加用の有無に関係なくこの両処理で認められた。

#### e. 上川支場水田地力に関する試験

この試験は昭和6年以來続けられて居るもので、一区面積9坪、1区制であつて、その供試



第38表 北海道農業試験場本場の水田肥料三要素試験の各年収量と直交多項式による推定収量(単位収量、陌當1000kg)

年	無肥料		窒素		燐酸		無窒素		無燐酸		無加里		三要素		石灰		石灰無窒素		石灰無燐酸		石灰無加里		石灰三要素	
	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値	實收	推定値
昭和1	1.42	2.54	7.2	1.56	1.37	2.43	1.72	2.67	0.87	2.01	2.11	3.01	2.10	2.85	1.08	2.03	1.38	2.38	1.38	2.43	2.26	3.24	2.46	3.08
2	3.86	2.89	4.20	3.29	4.61	3.19	4.52	3.53	4.39	3.08	5.09	3.98	5.03	4.20	4.00	2.82	4.53	3.50	4.54	4.94	4.13	5.00	4.51	
3	4.31	3.00	4.72	3.96	4.02	3.50	5.22	3.81	5.03	3.52	5.14	4.35	5.51	4.79	3.83	3.09	5.38	3.93	4.41	5.36	4.54	5.67	5.17	
4	2.67	2.95	7.22	3.97	3.47	3.54	2.05	3.75	3.00	3.59	4.22	4.35	5.13	4.91	3.06	3.07	3.54	3.95	3.50	3.59	5.75	4.67	5.35	
5	3.08	2.82	4.00	3.65	3.47	3.45	3.50	3.51	3.26	3.48	4.33	4.18	5.01	4.78	3.00	2.89	3.45	3.75	3.27	3.53	4.36	4.64	5.24	
6	5.4	2.65	.38	3.23	1.23	3.32	1.38	3.24	.61	3.32	1.64	3.97	1.94	4.55	.54	2.69	1.50	3.49	.99	3.46	2.42	4.54	3.01	
7	2.51	2.49	2.85	2.86	3.65	3.22	2.93	3.01	3.86	3.21	3.87	3.79	4.50	4.33	2.94	2.53	3.43	3.23	3.90	3.43	4.01	4.43	4.58	
8	2.53	2.37	3.35	2.64	3.68	3.19	3.40	2.87	4.04	3.18	4.66	3.71	5.04	4.18	2.67	2.45	3.66	3.07	4.27	3.46	4.89	4.35	4.62	
9	1.93	2.29	2.81	2.60	2.98	3.23	2.93	2.84	3.33	3.26	3.79	3.73	4.37	4.13	2.17	2.46	3.02	3.03	3.81	3.57	4.40	4.32	4.53	
10	2.15	2.27	3.00	2.74	3.30	3.33	3.19	2.91	3.36	3.43	3.55	3.84	3.76	4.17	2.81	2.56	3.28	3.09	3.44	3.74	4.06	4.33	4.53	
11	2.94	2.29	3.16	3.00	3.43	3.47	3.35	3.05	3.85	3.66	4.21	4.02	4.36	4.29	3.03	2.71	3.40	3.24	4.20	3.94	4.53	4.38	4.59	
12	3.18	2.35	4.45	3.34	4.54	3.62	3.93	3.23	4.84	3.89	5.30	4.22	5.56	4.44	3.50	2.87	4.17	3.43	4.97	4.14	5.51	4.44	4.69	
13	3.33	2.44	4.02	3.67	4.52	3.73	4.03	3.42	4.73	4.08	5.06	4.40	5.42	4.58	3.45	3.01	4.09	3.61	4.91	4.28	5.30	4.48	4.78	
14	3.30	2.54	3.86	3.92	3.97	3.79	3.35	3.56	4.14	4.19	4.43	4.51	4.59	4.67	3.53	3.09	3.83	3.75	4.32	4.34	4.50	4.49	4.96	
15	2.63	2.63	3.44	4.03	3.56	3.75	2.86	3.60	3.59	4.17	3.89	4.51	3.96	4.65	3.00	3.08	3.39	3.80	3.81	4.30	3.96	4.44	4.07	
16	1.13	2.69	1.05	3.96	1.22	3.60	1.25	3.54	.90	4.01	1.51	4.39	1.34	4.52	1.21	2.95	1.38	3.72	1.29	4.14	1.82	4.32	1.62	
17	2.41	2.73	4.72	3.69	4.60	3.35	4.95	3.36	5.33	3.72	5.55	4.14	6.01	4.26	2.41	2.72	5.00	3.51	5.40	3.87	5.59	4.13	4.34	
18	2.38	2.71	4.36	3.26	2.63	3.01	3.24	3.08	3.87	3.34	4.70	3.80	4.72	3.91	2.68	2.40	3.01	3.19	3.88	3.53	4.26	3.89	3.99	
19	2.59	2.66	3.68	2.76	2.42	2.63	3.02	2.74	4.04	2.95	3.90	3.43	4.40	3.53	2.37	2.06	2.93	2.81	3.91	3.19	3.97	3.63	3.62	
20	2.15	2.57	1.02	2.33	2.89	2.31	2.19	2.44	1.14	2.68	2.12	3.14	1.66	3.33	1.89	1.79	2.61	2.45	2.18	2.97	2.94	3.41	3.21	
21	2.33	2.45	3.20	2.21	2.02	2.15	2.33	2.29	3.43	2.72	3.46	3.08	3.75	3.17	1.93	1.74	2.17	2.26	3.40	3.01	3.28	3.33	3.48	
22	2.73	2.35	2.07	2.71	3.01	2.32	2.79	2.47	3.49	3.32	3.79	3.47	3.81	3.56	2.45	2.08	2.84	2.43	3.55	3.52	3.53	3.49	3.66	
23	2.88	2.30	4.35	4.24	2.51	3.02	2.93	3.21	4.53	4.78	4.29	4.57	4.46	4.69	2.67	3.07	2.90	3.21	4.61	4.76	4.13	4.08	4.65	
計	58.93	58.98	73.63	73.62	73.10	73.17	72.06	72.11	79.63	79.59	90.60	90.59	96.43	96.39	60.22	60.16	74.89	74.81	83.94	83.91	95.77	95.73	102.00	102.08

北海道に於ける稲反収の年差異に関する研究

第39表 本場水田肥料三要素試験結果

試験処理	平均収重 1000kg/ha	標準偏差	変異係数 %	収量の平均増加 又は減少 1000kg/ha
無肥料	2.56	0.9150	35.7	-0.0113
窒素単用	3.20	1.2665	38.3	+0.0055
磷酸単用	3.18	1.0393	32.7	-0.0257
無窒素	3.13	1.0231	32.7	-0.0265
無磷酸	3.46	1.3919	40.2	+0.0247
無加里	3.94	1.1810	30.0	-0.0068
三要素	4.19	1.3195	31.5	-0.0229
石灰単用	2.62	0.8516	32.5	-0.0199
無窒素石灰	3.26	1.0516	32.2	-0.0291
無磷酸石灰	3.65	1.1874	32.5	+0.0255
無加里石灰	4.16	1.1239	27.1	-0.0301
三要素石灰	4.43	1.0991	24.8	-0.0402

第40表 本場水田三要素試験の永年の変化を示す。

試験処理	u <sub>1</sub>	u <sub>2</sub>	u <sub>3</sub>	u <sub>4</sub>	u <sub>5</sub>	S.R. (1)
無肥料	-0.3605	-0.2164	-0.3537	-0.6471	+0.5297	0.9150
窒素単用	-0.1762	-0.6625	+0.3428	-0.0745	+3.1877*	1.2665
磷酸単用	-0.8162	-1.4896	+0.1283	+0.3760	+1.4958	1.0393
無窒素	-0.8420	-0.4630	-0.1850	-0.0186	+1.7515	1.0231
無磷酸	+0.7860	-0.9749	+0.7726	+0.8073	+2.1018	1.3919
無加里	-0.2150	-0.7735	+0.3482	+0.4161	+1.9617	1.1810
三要素	-0.7288	-1.0447	+0.9495	+0.0292	+2.1333	1.3195
石灰単用	-0.6343	-0.6079	+0.2720	+0.4968	+1.7514	0.8516
無窒素石灰	-0.9253	-0.9316	+0.0544	-0.1863	+1.7514	1.0516
無磷酸石灰	+0.8124	-1.0953	+0.6420	+0.9336	+1.7514	1.1874
無加里石灰	-0.9575	-1.1800	+0.7290	-0.0186	+1.0509	1.1239
三要素石灰	-1.2791	-1.1838	+1.3166	-0.0621	+2.1018	1.0991

1) 標準残差

品種には次の通りの変遷がある。

昭和6年~同10年「坊主2号」

昭和11年~同16年「富国」

昭和17年~同23年「共和」

又処理は次の種類で、肥料の種類と地力の変化を見るため設計されたものである。

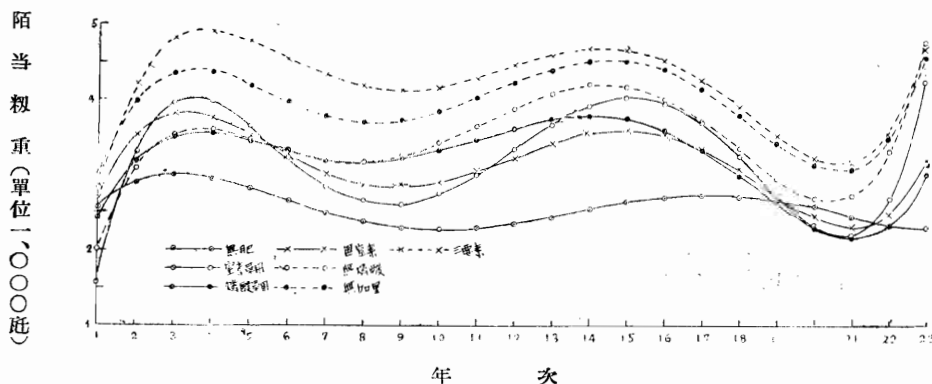
試験番号	反!当施用量(%)				
	堆肥	魚粕	硫酸	過石	硫加
C 1	—	—	—	—	—
C 2	400	—	—	—	—
C 3	600	—	—	—	—
C 4	—	—	5	4	—
C 5	400	—	5	4	—
C 6	1) 150	12	—	7	—
	2) 200	6	3	15	1

註 1) C 6の施肥量: 昭和6年より同9年まで  
2) C 6の施肥量: 昭和6年以後、このC 6区は標準肥料区である。

そしてこの試験では品種が2回変つて居り、調査材料として余り好適したものとは言えないが、普通の場合収量の変化は気象条件によること著しくその他の条件はある程度度外視し得ると思われるので普通の方法で収量の変異係数を算出した。尙この調査に使用した年数は昭和6年より同23年までの18年である。

今各処理の毎年の収量、その平均及び変異係数を示すと第41表の通りである。

平均反収はC 3, C 6, C 5及びC 4が多く、その収量は各々約2石内外である。収量の最も少ないのはC 1で、その平均反収は約1石3斗である。これらの各区の収量の毎年の変化を見ると全般的に見てC 1の無肥区と他の処理区との間の差は豊作の年に於いて非常に明らかであるが、凶作の年ではその間の差が極めて小さく



第13圖 a 北海道農業試験場本場水田有機物減耗試験の収量の直交多項式による計算値を示す。

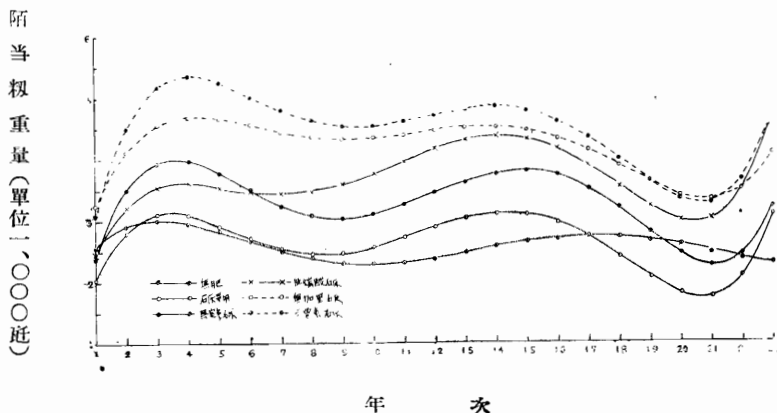
なることが認められる。又一般に収量の多いC5及びC6等は昭和7年、同9年及び同15年では寧ろC1より収量が少ない。この様な関係は変異係数の上に当然表われて居り、変異係数の大きい区はC5及びC6で、その値はそれぞれ43.8%及び39.6%であり、これらに対し変異係数の小さい区はC3、C2及びC1で、これらの区の変異係数は約33%である。この様に堆肥600貫を施用したC3区は収量も多く、且つその収量の年変化が小さく最もよい処理と認められた。

d. 上川支場水田肥料三要素試験

この試験は昭和7年以來殆んど同一設計のもとに繼續されて居るが、その間に前記上川支場水田地力に関する試験と同様な品種の変遷があり、又昭和20年の材料は不適當であるので、この年を除き16年間の材料について調査した。尙試験方法の概要を示すと次の様に処理は10種類、即ち無肥料、窒素単用、燐酸単用、加里單

用、無窒素、無燐酸、無加里、三要素、三要素・堆肥、三要素・石灰で、各要素の施用量は昭和7、8の両年は反当1貫500匁、昭和9年よりは反当1貫200匁である。又三要素・堆肥区の堆肥量は反当200貫、三要素・石灰区の石灰用量は反当6貫である。尙使用した肥料は硫酸安母尼亞、過燐酸石灰及び硫酸加里である。

この試験の昭和20年を除く毎年の収量、その平均及び変異係数を示すと第42表の通りであり、又反收の変異を示す度数分布は第43表の通りである。平均反收については三要素・堆肥区が最も多く、次に三要素区、無加里区、三要素・石灰区が続いて居り、これらの各処理の平均反收は約2石である。収量の少ないのは加里單用区、無肥料区、燐酸單用区、無窒素区であり、これらの区の平均反收は大體1石6斗内外である。窒素單用区及び無燐酸区の反收は大體1石8斗で、中間に位して居る。変異係数の大きいのは三要素・堆肥区、無燐酸区、窒素單



第13圖 b 北海道農業試験場本場水田有機物減耗試験の収量の直交多項式による計算値を示す。

第41表 上川支場水田地力に関する試験収量(玄米反當石)

年次	供試品種	試 験 區 番 号					
		C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
昭 6	坊主 2 号	1.54	1.81	2.23	1.87	1.86	2.11
7	"	.91	.92	.90	.76	.36	.32
8	"	1.96	2.66	2.80	2.71	2.40	2.16
9	"	1.71	2.03	1.97	2.04	1.23	1.56
10	"	1.45	1.98	2.31	2.04	1.53	2.16
11	富 国	1.76	2.24	2.41	2.46	2.64	2.71
12	"	1.84	2.89	2.95	2.84	3.05	3.08
13	"	1.52	2.05	2.20	2.27	2.53	2.48
14	"	1.60	2.25	2.62	2.58	2.64	2.72
15	"	.79	.94	.77	.96	.49	.54
16	"	.55	1.00	.76	.93	1.19	1.44
17	共 和	1.36	2.04	2.29	2.16	2.43	2.37
18	"	1.29	1.89	2.01	2.28	2.43	2.57
19	"	1.43	2.10	2.41	2.28	2.86	2.51
20	"	.33	.60	1.03	.40	.67	.91
21	"	1.33	2.04	2.61	1.79	2.69	2.64
22	"	1.62	2.10	2.52	2.26	2.92	2.95
23	"	1.19	1.81	2.43	2.27	2.69	1.71
平均	—	1.343	1.853	2.072	1.939	2.004	2.052
変異係數(%)		33.0	32.9	32.7	36.4	43.8	39.6

第42表 上川支場水田肥料三要素試験収量(玄米反當石)

年次	品 種	處 理										
		無 肥	窒素単用	磷酸単用	加里単用	無窒素	無磷酸	無加里	三要素	三要素堆肥	三要素石灰	
昭 7	坊主 2 号	.73	.64	.90	1.01	.82	.72	.51	.56	.33	.72	
8	"	2.90	2.79	2.91	2.58	2.76	2.94	2.76	2.86	2.76	2.61	
9	"	1.73	1.83	1.67	1.46	1.27	1.59	2.00	1.71	1.07	1.40	
10	"	1.61	1.89	1.76	1.95	1.75	1.18	1.69	1.92	2.09	1.60	
11	富 国	2.11	2.51	2.13	2.07	2.04	2.47	2.56	2.64	2.54	2.59	
12	"	2.47	2.81	2.10	2.10	2.19	2.65	2.72	2.53	2.76	2.68	
13	"	1.92	2.48	1.92	1.80	1.65	2.27	2.25	2.27	2.21	2.19	
14	"	1.91	2.26	1.87	1.86	1.83	2.30	2.37	2.37	2.19	2.17	
15	"	.79	.67	.96	.87	1.06	.62	.79	.92	.50	.33	
16	"	1.02	.52	1.28	.60	1.41	.37	.84	1.28	1.58	.87	
17	共 和	1.58	1.95	1.77	1.56	1.61	1.93	2.01	2.07	2.26	2.27	
18	"	1.54	2.49	1.58	1.59	1.77	2.39	2.31	2.34	2.83	2.48	
19	"	1.74	2.52	1.48	1.56	1.45	2.39	2.28	2.14	2.83	2.27	
20	"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
21	"	1.33	1.87	1.29	1.23	1.43	1.53	2.41	2.54	3.22	2.54	
22	"	1.25	1.59	1.51	1.16	1.77	1.88	1.97	1.86	2.58	2.44	
23	"	1.14	1.31	.84	2.01	1.80	1.79	1.91	2.00	2.55	1.29	
平均	—	1.611	1.883	1.623	1.588	1.659	1.814	1.961	2.001	2.144	1.903	
変異係數(%)		32.0	40.3	32.5	33.5	27.4	42.1	34.5	31.4	42.6	40.0	

用区、三要素・石灰区であつて、これらの区の変異係数は40%以上である。又この係数の小さいのは無窒素区、三要素区、無肥区等である。この間の関係は第43表に示してある様に三要素のそれぞれの単独の作用を見るとき窒素単用は他の要素単用より平均収量は多いが、その変異の中は最も広く、即ち収量は高い方にも

第43表 上川支場水田肥料三要素試験の反収の度数分布

處 理	玄 米 収 量 (反当石)										
	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2	3.6	
無 肥 料	2	2	4	5	1	1	1				
窒 素 単 用	3	0	2	4	1	5	1				
磷 酸 単 用		3	5	5	2	0	1				
加 里 単 用	1	3	5	3	3	1					
無 窒 素		2	4	7	2	1					
無 磷 酸	1	2	1	2	3	4	2	1			
無 加 里		2	1	0	4	5	4				
三 要 素	1	1	1	4	5	3	1				
三要素・堆肥	1	1	1	1	0	4	5	2	1		
三要素・石灰	1	1	1	3	0	4	6				

低い方にも変動することを示して居り、磷酸単用は加里単用より僅に収量多いが変異の中は却つて狭い傾向がある。次に三要素のうち2要素を組み合せた区では無磷酸区が変異の中最も広く、次は無加里区であり、変異の中の狭いのは無窒素区である。この様に2要素を組み合せた場合にも各要素の独特の作用が認められる。三要素区の変異係数は無加里区より稍小さく、無窒素区より大きい。三要素に堆肥又は石灰を加用した区の変異係数は無磷酸区と略同じである。

e. 上川支場水田堆肥用量試験

この試験は昭和7年より同17年まで殆んど同一設計のもとに続けられたが、唯供試品種について前記上川支場の二試験と同様の変遷があつた。一区面積は10坪、1区制であつて、試験処理の概要は次の通りである。

試験 番号	施肥量(反當貫)			試験 番号	施肥料(反當貫)		
	堆肥	過石	硫酸		堆肥	過石	硫酸
E 1	—	—	—	E 9	600	4.5	3.0
E 2	—	4.5	—	E 10	900	—	—
E 3	—	4.5	3.0	E 11	900	4.5	—
E 4	300	—	—	E 12	900	4.5	3.0
E 5	300	4.5	—	E 13	1,200	—	—
E 6	300	4.5	3.0	E 14	1,200	4.5	—
E 7	600	—	—	E 15	1,200	4.5	3.0
E 8	600	4.5	—				

この様にこの試験は堆肥と無機質肥料を組み合わされて構成されて居り、堆肥を主因子と考え、無機質肥料を考えに入れないうち、各処理(堆肥用量のみについて)は3反覆(3区制)されたものと見ることが出来るので、それについて分散分析を行い、又各処理の平均反収及びこの平均値の信頼限界(P=0.05)を次の様にして計算した。

処理の平均反収を $\bar{y}$ 、標準偏差をs、試験年数をnとすると、

$$\text{信頼下限} = \bar{y} - t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$\text{信頼上限} = \bar{y} + t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

であり、tはt-表に於けるP=0.05の値である。

今試験した毎年の収量を示すと第44表の通りであり、この表の数値について上に述べた様な計算を行つた。

この試験は前述した様に堆肥用量だけについて見るとき、その処理数は5、各年3反覆、試験年数は11であつて、この様な材料について分散分析を行うとき第45表の通りの結果を得た。そしてこの結果より年による収量の変化、堆肥量による収量の変化は統計的に有意であつて、更に年と堆肥用量の交互作用も同様に有意であることが認められる。即ち交互作用が有意であることは堆肥用量と収量の関係が年により必ずしも同一傾向でないことを示すものである。又この区より年による変動は堆肥用量による変動より大きいことが認められる。

次に個々の処理の収量の平均、標準偏差、平均値の信頼限界及び変異係数を示すと第46表の通りである。この表より、収量は一般に堆肥用量の多い区が高く、特に無機質肥料を添加しない区及び過磷酸石灰のみを添加した区でこの傾向が明らかであるが、過磷酸石灰及び硫酸安母尼亞を添加した区ではその様な傾向が非常に僅に認められるに過ぎない。又堆肥900貫以上を施用した処理区では無機質肥料の添加は平均反収の上に殆んど影響を示していない。変異係数は一般的に堆肥用量の多くなるに従い大きな

第44表 上川支場水田堆肥用量試験収量(玄米相当石)

試験番号	昭7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	平均
E 1	.69	1.64	1.59	1.34	1.68	1.82	1.80	1.82	1.16	.99	1.49	1.456
E 2	.80	1.61	1.60	1.32	1.72	1.74	1.67	1.65	.99	1.07	1.27	1.404
E 3	.66	2.29	2.13	1.96	2.54	2.57	2.22	2.41	1.63	1.45	1.92	1.980
E 4	.69	1.90	1.71	1.67	2.32	2.44	2.37	2.31	1.72	1.46	1.92	1.865
E 5	.62	1.75	1.55	1.58	1.57	2.13	2.19	2.05	1.41	1.68	1.57	1.645
E 6	.41	2.27	2.08	1.94	2.58	2.76	2.39	2.74	1.56	2.04	2.34	2.101
E 7	1.10	2.05	1.61	2.08	2.56	2.65	2.70	2.66	1.69	1.57	2.12	2.072
E 8	.75	1.89	1.49	1.89	2.50	2.56	2.73	2.63	1.72	1.84	2.13	2.012
E 9	.55	2.29	1.83	2.24	2.84	2.77	2.88	2.87	1.16	2.24	2.42	2.190
E 10	1.22	2.14	1.77	2.18	2.86	2.91	3.10	2.84	1.57	1.77	2.26	2.238
E 11	1.08	2.10	1.65	2.17	2.58	2.57	2.73	2.72	1.54	1.74	2.21	2.099
E 12	.49	2.17	1.77	2.18	2.43	2.82	2.71	2.60	1.14	1.93	2.46	2.064
E 13	.91	2.27	1.58	2.40	2.52	2.92	3.25	2.72	1.15	1.65	2.22	2.145
E 14	.88	2.07	1.79	2.39	2.90	2.86	3.40	2.58	.91	1.97	2.43	2.198
E 15	.48	2.10	2.15	2.38	2.52	2.91	3.28	2.69	.63	2.05	2.59	2.162

第45表 上川支場水田堆肥用量試験分散分析表

要因	自由度	平方和	バリエーション	F
年	10	48.9632	4.8963	75.88**
處理	4	7.1859	1.79648	27.84**
交互作用	40	5.4027	.13507	2.09
誤差	110	7.0986	.06453	
全体	164	68.6504		

る傾向があるが、堆肥単用及び過磷酸石灰添加区では堆肥用量 900 貫までは変異係数に殆んど変化なく、過磷酸石灰、硫酸安母尼亞添加区では堆肥用量の増加に従い明らかに変異係数の増大を示している。又同一堆肥用量区について見るととき堆肥単用区及び過磷酸石灰加用区の間ではそれらの変異係数に大差ないが、過磷酸石灰及び硫酸安母尼亞添加区では、堆肥単用及び過磷酸石灰のみ加用した区より明らかに高い変異係数を示して居る。そしてこの様な場合堆肥を多く施用すること、又は硫酸安母尼亞を添加することは年による収量の変化を大きくはするが、それらの平均反収の信頼限界(下位)は大體に於いて堆肥用量の少い区より高く、この様なことより大體堆肥 600 貫乃至 900 貫を施用するこ

とが利益ある様である。

(2) 移植栽培と直播栽培との稲反収の年變異

北海道では水稻の直播栽培が地域的に可なり広く行われて居り、直播栽培の研究は最近本州でも色々問題となつて居る。移植栽培の利点

第46表 上川支場水田堆肥用量試験各區の平均反収、標準偏差、その他

試験番号	平均反収	標準偏差	信頼限界		変異係数
			上位	下位	
E 1	1.456	0.3735	1.719	1.193	25.7
E 2	1.404	0.3313	1.637	1.171	23.6
E 3	1.930	0.5579	2.373	1.587	28.2
E 4	1.865	0.5121	2.332	1.497	27.5
E 5	1.645	0.4238	1.947	1.343	26.1
E 6	2.101	0.6644	2.569	1.633	31.6
E 7	2.072	0.5358	2.450	1.694	25.9
E 8	2.012	0.5882	2.426	1.598	29.2
E 9	2.190	0.7514	2.719	1.661	34.3
E 10	2.238	0.6227	2.677	1.793	27.8
E 11	2.099	0.5418	2.484	1.714	25.8
E 12	2.064	0.7090	2.564	1.564	34.4
E 13	2.145	0.7527	2.673	1.617	35.1
E 14	2.198	0.7902	2.755	1.641	36.0
E 15	2.162	0.8741	2.778	1.546	40.4

及び欠点は種々論議されて居るが、著者は移植栽培によるものと直播栽培によるものとの収量の差及び収量の変異係数を調査した。この調査に使用した材料は元來直播と移植の比較のために試験されたものでなく、豊岡考照試験の一部として同一品種について数年間行われた試験より適当な材料を集めたもので、それらは北海道農業試験場本場、上川支場及び北見支場で行われたものである。尙この様な直播と移植の比較を正確に行うには單にそれだけを目的とする場合、移植以外の條件を全く同一にするべきであるが、こゝで使用した材料はその地方の移植及び直播の大体標準耕種法に近いものゝ収量である。

a. 本場に於ける結果

本場では昭和2年より同23年までの22年間の「坊主5号」及び昭和12年より同23年までの12年間の「富国」についての試験結果が得

第47表 本場に於ける水稻移植栽培と直播栽培の反収の比較 (單位玄米反當石)

年次	坊主5号			富国		
	移植	直播	差	移植	直播	差
昭2	2.16	2.60	-0.44	—	—	—
3	2.42	2.51	-0.09	—	—	—
4	2.17	2.54	-0.37	—	—	—
5	2.80	2.60	+0.20	—	—	—
6	2.32	2.44	-0.12	—	—	—
7	2.40	2.12	+0.28	—	—	—
8	2.57	2.70	-0.13	—	—	—
9	2.48	2.07	+0.41	—	—	—
10	2.45	2.40	+0.05	—	—	—
11	2.78	2.63	+0.15	—	—	—
12	2.6	2.65	-0.05	2.84	2.90	-0.06
13	2.48	2.66	-0.18	2.88	3.10	-0.22
14	2.77	2.7	+0.07	3.07	2.94	+0.13
15	1.81	2.11	-0.30	2.72	2.57	+0.15
16	2.04	1.75	+0.29	2.35	1.90	+0.45
17	2.51	2.37	+0.14	3.11	2.85	+0.26
18	2.71	2.51	+0.20	2.77	2.85	-0.08
19	2.84	2.79	+0.05	2.98	3.15	-0.17
20	2.28	2.62	-0.34	1.76	2.14	-0.38
21	2.27	2.52	-0.25	2.52	2.71	-0.19
22	2.42	2.37	+0.05	2.40	2.58	-0.18
23	2.45	2.08	+0.37	2.87	3.15	-0.28
平均	2.448	2.445	+0.003	2.69	2.74	-0.048

られる。それらの各処理の毎年の収量は第47表の如くであつて、これより品種、処理別に収量の平均及びその変異係数を計算すると第48表の通りである。

第48表 本場に於ける水稻の移植栽培と直播栽培の比較

品種名	試験年数	耕種法	平均	標準	変異
			反収	偏差	係数
坊主5号	22 (昭2~昭23)	石	2.45	0.2563	10.4
		移植 直播	2.45	.2587	10.6
富国	12 (昭12~昭23)	移植	2.69	.3309	15.0
		直播	2.74	.3904	14.3
坊主5号	"	移植	2.43	.3003	12.4
		直播	2.43	.3105	12.8

この表より同一品種については収量の平均及び変異係数に栽培法による差は殆んど認められないが、品種間では多少差が認められ、「富国」は「坊主5号」に比較して僅に収量多いが、その変異係数も大きい。更に昭和12年より同23年までの12年間の「坊主5号」と「富国」の移植と直播栽培の間の差を統計的に検討するために分散分析を行つたが、その結果は第49表の通りであつて、それにより直播と移植の間の収量の差は統計的に無意であるが、年、品種及び年と品種の交互作用は統計的に有意であることが認められる。

第49表 本場に於ける水稻の直播と移植栽培の比較・分散分析表

変因	自由度	偏差平方和	分散	F
年	11	3.5743	0.3249	17.2**
品種	1	0.9520	0.9520	50.6**
栽培法	1	0.0056	0.0056	—
年×品種	11	1.1259	0.1024	5.4**
年×栽培法	11	0.4185	0.0380	—
品種×栽培法	1	0.0080	0.0080	—
誤差	11	0.2067	0.0188	—
全作	47	6.2910	—	—

b. 上川支場に於ける結果

上川支場では「坊主」、「坊主2号」、「坊主6号」及び「富国」の品種について移植と直播の比較が可能である。今これらの品種の毎年の収

量を示すと第50表の通りであつて、又それらの平均及び変異係数を示すと第51表の通りである。この表より、全般的に見ると、各品種と

もに移植栽培の場合が直播に比較し僅に収量が多く、又変異係数については各品種とも移植栽培が直播より大きい傾向がある。

第50表 上川支場に於ける水稻移植栽培と直播栽培の反収の比較(単位玄米反当石)

年次	坊主			坊主2号			坊主6号			富国		
	移植	直播	差	移植	直播	差	移植	直播	差	移植	直播	差
大7	2.66	2.41	+0.25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	2.03	2.20	-.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	2.54	2.62	-.08	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	2.56	2.51	+ .05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	2.34	2.38	-.04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	2.51	2.94	-.43	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13	2.26	2.24	+ .02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	2.80	2.81	-.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15	2.22	2.40	-.18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
昭2	3.03	2.49	+ .54	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	2.92	2.82	+ .10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	2.72	2.21	+ .51	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	2.54	2.20	+ .34	2.49	2.25	+ .24	2.35	2.30	+ .05	—	—	—
6	1.39	2.26	+ .87	1.63	2.19	-.56	1.75	2.15	-.40	—	—	—
7	.82	.82	—	.77	.79	-.02	1.30	1.37	-.07	—	—	—
8	2.48	2.20	+ .28	2.45	2.31	+ .14	2.05	2.17	-.12	—	—	—
9	1.87	1.68	+ .19	1.90	1.72	+ .18	1.91	1.69	+ .22	—	—	—
10	1.89	2.22	-.33	2.07	2.05	+ .02	2.00	2.05	-.05	—	—	—
11	2.42	2.45	-.03	2.36	2.32	+ .04	2.31	2.41	-.10	2.44	2.63	-.19
12	2.51	2.17	+ .34	2.55	2.15	+ .40	2.39	2.21	+ .18	2.92	2.59	+ .33
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14	—	—	—	2.37	2.40	-.03	2.09	2.07	+ .02	2.67	2.55	+ .12
15	—	—	—	2.23	2.25	-.02	2.12	2.16	-.04	2.39	2.68	-.29
16	—	—	—	1.53	1.89	-.36	1.73	2.18	-.45	1.67	1.97	-.30
17	—	—	—	2.04	2.16	-.12	2.01	2.06	-.05	2.02	1.99	+ .03
18	—	—	—	2.33	2.36	-.03	2.23	1.82	+ .41	2.58	2.60	-.02
19	—	—	—	2.17	2.19	-.02	2.04	1.86	+ .18	2.50	2.43	+ .07
20	—	—	—	1.95	1.91	+ .04	2.17	1.99	+ .18	1.80	1.90	-.10
21	—	—	—	2.47	2.09	+ .38	2.22	1.99	+ .23	3.02	2.50	+ .52
22	—	—	—	2.42	1.98	+ .44	2.39	1.93	+ .43	2.16	1.98	+ .18
23	—	—	—	2.68	2.40	+ .28	2.52	2.37	+ .15	3.24	2.59	+ .65
平均	2.33	2.30	—	2.13	2.08	—	2.09	2.05	—	2.45	2.37	—

次に前記本場の場合と同様に昭和11年より同23年までの中で、昭和13年を除く12年間の材料について分散分析を行つた。その結果は第52表の通りであつて、これに使用した品種は「坊主2号」、「坊主6号」及び「富国」の3品種である。その結果より統計的に有意な差の認められるのは年、品種、栽培法(移植と直播)、

年と品種の交互作用及び年と栽培法の交互作用であつて、品種と栽培法の交互作用は無意であつた。

c. 北見支場に於ける結果

こゝでは「坊主5号」、「坊主6号」及び「走坊主1号」についての結果が得られる。これらの収量は第53表の通りであつて、この表より



第51表 上川支場に於ける水稻の移植栽培と  
直播栽培の比較

品種名	試験年数	耕種法	平均反収	標準偏差	変異係数
坊主	20 (大7~昭12)	移植	2.33	.5260	22.6
		直播	2.30	.4481	19.5
坊主2号	18 (昭5~昭23但昭13を除く)	移植	2.13	.4621	21.7
		直播	2.08	.3723	17.9
坊主6号	"	移植	2.09	.2915	14.4
		直播	2.05	.2565	12.8
富国	12 (昭11~昭23但昭13を除く)	移植	2.45	.4806	19.6
		直播	2.37	.3081	13.0
坊主2号	"	移植	2.22	.3081	13.5
		直播	2.15	.1808	8.4
坊主6号	"	移植	2.16	.2105	9.8
		直播	2.09	.1838	9.1

第52表 上川支場に於ける水稻の直播と移植栽培の比較・分散分析表

変因	自由度	偏差平方和	分散	F
年	11	3.4661	0.3151	18.5**
品種	2	0.9370	0.4685	27.6**
栽培法	1	0.1342	0.1342	7.9**
年×品種	22	1.2474	0.0567	3.3**
年×栽培法	11	0.7598	0.0691	4.1**
品種×栽培法	2	0.0033	0.0017	—
誤差	22	0.3746	0.0170	—
全体	71	6.9224	—	—

平均値及び変異係数を計算すると第54表の通りである。各品種の処理による収量の差は本場の場合と同様に殆んど明らかでなく、又収量の変異係数の直播と移植による差は品種により必ずしも同一傾向でなく、「坊主5号」では移植の方が大きく、「坊主6号」ではその反対であつて、「走坊主1号」ではその処理の間に殆んど差のないことが認められる。又品種間の収量の差は殆んど明らかでなく、変異係数に於いては差のある様に認められ、昭和20年を除いた昭和8年より同23年までの15年間の調査結果より見ると「坊主5号」は変異係数最も大きく、約40~45%であるのに対し、他の2品種の変異係数は33~37%である。

更にこの同じ品種の同じ15年間の材料について分散分析を行つた結果は第55表の通りで

第53表 北見支場に於ける水稻移植栽培と直播栽培の反収の比較(単位玄米反当石)

年次	坊主5号			坊主6号			走坊主1号		
	移植	直播	差	移植	直播	差	移植	直播	差
大14	2.52	2.48	+ .04	—	—	—	—	—	—
15	.80	1.41	— .61	—	—	—	—	—	—
昭2	2.80	2.70	+ .10	—	—	—	—	—	—
3	3.04	2.94	+ .10	—	—	—	—	—	—
4	1.91	2.28	— .37	—	—	—	—	—	—
5	2.08	2.99	— .91	2.50	2.79	— .29	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	.56	.34	+ .22	.51	.13	+ .38	—	—	—
8	2.88	2.60	+ .28	2.49	2.43	+ .06	2.19	2.44	— .25
9	.34	.72	— .38	1.19	.90	+ .29	4.8	4.8	+ .36
10	.69	1.29	— .60	1.16	1.31	— .15	1.16	1.41	— .25
11	2.96	3.21	— .25	2.82	3.03	— .21	2.26	2.90	— .64
12	2.64	3.17	— .53	2.71	2.79	— .08	2.37	2.67	— .30
13	2.69	3.02	— .33	2.49	2.60	— .11	3.46	2.88	+ .58
14	2.82	2.68	+ .14	2.75	2.69	+ .06	2.59	2.86	— .27
15	2.71	1.77	+ .94	2.70	2.61	+ .09	2.64	2.43	+ .21
16	.01	.26	— .25	.23	.42	— .19	.29	.26	+ .03
17	1.69	1.67	+ .02	2.37	1.78	+ .59	2.01	1.97	+ .04
18	2.27	2.16	+ .11	2.16	2.10	+ .05	2.19	2.09	+ .10
19	2.79	2.25	+ .54	2.21	1.99	+ .22	2.74	2.60	+ .14
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	2.44	1.93	+ .51	2.36	1.25	+ 1.11	2.21	2.28	— .07
22	2.27	1.97	+ .30	1.88	1.91	— .03	1.88	2.16	— .28
23	2.51	2.62	— .11	2.60	2.47	+ .13	2.00	2.32	— .32
平均	2.06	2.12	— .06	2.07	1.95	— .12	2.06	2.13	— .07

第54表 北見支場に於ける水稻の移植栽培と直播栽培の比較

品種名	試験年数	耕種法	平均反収	標準偏差	変異係数
坊主5号	22 (大14~昭23但昭6,20を除く)	移植	2.06	.9534	46.4
		直播	2.12	.8716	41.1
坊主6号	17 (昭5~昭23但昭6,20を除く)	移植	2.07	.7787	37.6
		直播	1.95	.8469	43.3
走坊主1号	15 (昭8~昭23但昭20を除く)	移植	2.06	.7616	36.9
		直播	2.13	.7835	36.8
坊主5号	"	移植	2.11	.9421	44.6
		直播	2.09	.8335	39.7
坊主6号	"	移植	2.14	.7125	33.3
		直播	2.02	.7357	36.4

あつて、年についてのみ統計的に有意な差が認められるに過ぎない。

第55表 北見支場に於ける水稻の直播と移植栽培の比較・分散分析表

変 因	自由度	備 差 平方和	分 散	F
年	14	51.8909	3.7065	72.8**
品 種	2	0.0070	0.0035	—
栽 培 法	1	0.0300	0.0300	—
年 × 品 種	28	2.6087	0.0932	—
年 × 栽培法	14	1.4113	0.1008	—
品種 × 栽培法	2	0.1162	0.0581	—
誤 差	28	1.4241	0.0509	—
全 体	89	57.4882	—	—

### (3) 耕起の深淺と稻反収の年變異

北海道農業試験場上川支場では昭和5年より同19年まで水田の耕起の深さと収量との関係についての實驗を同一圃場で施行して居る。その試驗方法は次の通りである。即ち主條件である耕起の深さについて3寸、5寸、7寸及び1尺の4段階を設け、この主條件以外に年により異なるが施肥量、栽植密度等主條件と組み合されて試驗されている。又品種も年によつて異り、昭和5年より同9年までは「坊主2号」と「富国」が同時に、又昭和16年より同19年までは「共和」が供試されている。併しこの調査では主條件である耕起の深さだけを考慮に入れ、その他の條件を問題にしないこととし、毎年の結

第56表 耕起の深さと収量の關係(單位反当玄米石)

年 次	耕 起 の 深 さ			
	3 寸	5 寸	7 寸	10 寸
昭 7	0.65	0.53	0.63	0.63
8	1.54	2.02	2.16	2.25
9	1.50	1.63	1.71	1.83
10	2.46	2.02	2.27	2.16
11	2.16	2.61	2.76	2.85
12	2.59	2.93	3.00	3.04
13	2.13	2.17	2.27	2.16
14	2.42	2.60	2.72	2.74
15	1.23	1.46	1.18	1.13
16	0.93	1.49	1.65	1.35
17	2.33	2.63	2.74	2.71
18	2.70	2.76	2.93	2.82
19	2.37	2.51	2.59	2.79
平 均	1.93	2.10	2.27	2.19
變異係數(%)	34.9	32.4	32.8	33.1

果を各耕起の深さ別に平均し、その値について調査することとした。この様にして算出された毎年の耕起の深さ別の収量は第56表の通りである。そして、こゝでは昭和5及び6年は耕起の深さについて豫備期間であるので昭和7年より同19年までの13年間の結果を示した。

先づこの材料について分散分析を行うと第57表に示してある結果を得た。この表より明らかな様に耕起の深さによる収量の差は統計的に有意であつて、t-検定法によつて2処理間の統計的に有意な限界差を算出するとき、この場合2

第57表 耕起の深さについての分散分析

変 因	自由度	備 差 平方和	分 散	F
年	12	23.2671	1.9339	77.3**
耕起の深さ	3	0.6249	0.2083	8.3**
誤 差	36	0.9027	0.0251	—
全 体	51	24.7947	—	—

処理の平均値間の標準誤差は

$$\sqrt{\frac{2 \times 0.0251}{13}} = 0.062 \text{ により示され、自由度 } 36$$

の場合の  $P=0.05$  の  $t$  値を大体2とすると、この場合の有意な限界差は  $2 \times 0.062 = 0.124$  石となる。又処理による収量の変異と年によるそれとを比較するとき後の方が甚しく大きいことが認められる。

次に個々処理の変異係数は第56表の通りでその間に殆んど差が認められない。この様に耕起の深さの差は収量の年変異に殆んど関係がない。

### (4) 考 察

作物の栽培法の異なることによりその収量の年々の変化が大きいか小さいかと言うことは安定した農業生産をあげる上に重要なことである。又作物の種類によつても年々の収量の変化に大小の差があり、一般に適作と言われて居るもの又は安全作物と言われて居るものはその地方の氣象及び土壤条件によく適合し、年々の収量の変異の中が狭いものを言つて居るようである。稻は北海道では決して安全作物とは言ひ得ず、その年々の収量の変異の中は非常に広いもので

あることが既に多くの研究により明らかであつて、又著者の調査に於いても同様であるが、耕種方法の差による収量の年変化について、肥料については外国で研究されて居るが、北海道では未だ詳しい研究がない。勿論現在普及奨励されて居る耕種方法は安定した農業生産をあげるために長年月の試験と更に長年月の経験によつて発達したものであるが、これらの試験も同一設計のもとに長年月行われたものは少なく、同一耕種法を同一圃場に長年月行つたものは現在非常に少ない様である。

著者は水稻の収量の年変異が耕種法により変化するかどうかを調査するため、北海道農業試験場の本支場に於ける試験の中で上記目的にある程度役立ち得ると考えられる材料について耕種法と収量の年変異について調査した。

#### 肥料の種類及び施用量と反収の年變異の關係

同一肥料を多年にわたり同一圃場に毎年施用するとき、その圃場の収量は年々の氣象條件によつて変化すると同時に、その処理の累積的効果、普通の場合には地力の一定方向の変化によつて変化すると考えられる。この様な考え方を更に押し進めて Fisher 氏 (1921) はこの様な場合變異の原因によつて 1) 地力の減退 (Soil Deterioration), 2) 地力の緩慢な変化 (Slow-change) 及び 3) 年變異 (Annual variation) に分けることが出来ることを発表し、その方法として直交多項式を用いて居る。そしてこの直交多項式を用いる場合 Fisher 氏 (1921), Kalamkar 氏 (1933) 及び Tin 氏 (1941) 等は正しい結果を得るためには少くとも 30 年以上の試験結果が必要であると言つて居るが、この様な長年にわたる試験結果は現在北海道には全くない。併し北海道農業試験場本場に於いて昭和 1 年以來続けられている水稻の 2 種の肥料試験があり、この試験の結果は大體に於いて直交多項式にあてはめても余り無理でないと考えられるので、直交多項式を使用して原因によつて變異を分け、その他北海道農業試験場上川支場の結果は年数が短いので、普通の方法によつて單に収量の變異係数を算出し、そしてこの様な變異の大部分は氣象條件の直接又は間接の影響に

よるものと考えた。

本場に於ける結果では各試験に於いて処理に関係なく統計的に有意な地力の減退は認められず、これは無肥料区に於いても同様であつた。このことは Fisher 氏 (1921) の小麦の場合で厩肥施用区では地力の減退が認められず、その他の処理では完全肥料を施用した区でも地力の減退が認められたこと、又 Kalamkar 氏 (1933) の家畜ビートに於ける厩肥を施用しない区で地力の減退が著るしいと言う報告と異なる結果を示して居り、Kalamkar 及び Singh 両氏 (1935) の印度に於ける小麦についての試験で一般に地力の減退は統計的に有意でないと言う報告と似て居る。又同じ両氏が厩肥を使用した區は統計的に有意でないが、地力の上昇の傾向を示していることは本場の有機物減耗試験に於ける厩肥配合區の一部で同様な傾向が認められることと一致している様である。但し前記 Fisher 氏の調査期間は 67 年、Kalamkar 氏の場合は 55 年であるのに対し、著者の場合は僅に 23 年であり、又 Kalamkar 及び Singh 両氏の場合は 29 年であつて、その間に非常に年数に差があり、短期間では地力の減退も著るしくないこと、又水田状態では畑状態と榮養分の自然供給に於いて著るしい差があることなどが上記の様な著者の水稻に於いて地力の減退が無肥料区に於いてさえ著るしくない原因ではないかと考えられる。又 Tin 氏 (1941) は印度に於いて水稻の収量は硫酸安母尼亞の連用により減退を示し、過磷酸石灰の連用は地力の維持に役立つ様であると言つて居り、青蜂及び高橋両氏 (1946) は宮城縣で水稻の三要素試験を試み、地力の維持に磷酸肥料の有効なことを報告している。著者の本場に於ける水稻の三要素試験の調査では統計的に有意ではないが、窒素單用区及び無磷酸区で地力の上昇の傾向が認められ、その他の処理区では總ての地力の減退の傾向を示していることは磷酸が地力の維持に役立つと言う前記諸氏の結果と一致しない様である。山本氏 (1940) は厩肥及び堆肥は地力の維持増進上最も効果があること、速効性無機質肥料は一般に地力を衰退せしめる傾向があり、特に硫酸安母尼亞は地

力を衰退させ、魚粕及び大豆粕はその作用が中間であると言つて居り、著者の調査では堆厩肥の地力増進の効果は認められるが、無機質肥料、特に硫酸安母尼亞が地力の衰退を來すと言うことは認められない。

地力の緩慢な変化とは Fisher 氏 (1921) によると豫期出來ない、又その原因の不明な変異であると言われて居り、著者の調査した本場の2種の肥料試験では殆んど各処理の緩慢な変化は統計的に有意でなく、僅に数個の係数で統計的有意性が認められたに過ぎない。このことはある程度試験年数の短いことに基因するものと考えられる。

氣象条件の直接又は間接の影響による収量の年変異については、厩肥又はその他の有機肥料を施用した区及び三要素区で小さく、その他では一般に大きい傾向が本場でも又上川支場でも一般的に認められ、又三要素試験では無磷酸区、窒素単用区及び無肥料区が年変異最も大きい。換言すると窒素が収量の変異の中を最も広くし、磷酸はそれを狭くする傾向が認められるが、同様な結果は大正15年及び昭和6年の凶作年に於ける肥料試験の結果により明らかであることが報告されている〔北海道農業試験場(1927)、小野崎、井口及び小笠原氏(1933)〕。これらの結果は大体に於いて小麦に於ける Fisher 氏 (1921) の研究結と同様であり、又家畜ビートに於ける Kalamkar 氏 (1933) の結果とも同様であつて、Kalamkar 及び Singh 両氏(1935)の小麦に於いて窒素肥料を給與しない試験区の収量の変化が最も大きいと言う結果と相違し、又両氏の無肥料区に於いてもその収量の年変異は大きいと言う結果とよく似て居る。そして一般に厩肥又は堆肥を使用した区の年変異の少ない原因として Fisher 氏 (1921) は堆肥施用区は豊作の年よりも早魃又は降雨過多の様な不良の年に於いて収量の減少の少ないことによるものであると言つて居り、山本氏 (1940) は堆肥を施用した場合収量の年変異の少ない原因として堆肥は作物の生育を一般に順調にし、強剛な發育を行わせ、病虫害に対する抵抗性を増すが、それは土中の養分の急速な肥効を抑制し、

徒長を除き冷害時にあつて特に微生物による窒素の固定量大きく、作物に過度の窒素を與えず生育の遅延を防止すると言つて居り、北海道でも堆肥を適当に施用したものは凶作年に於いてもその他のものに比し収量が多いことが既に認められている〔小野崎、井口及び小笠原氏(1933)北海道農業試験場(1942)〕。このことは北海道の様な寒地に於いては特に重大な点であると考えられる。又 Kalamkar 氏 (1933) は有機質肥料と同様に加里肥料も不良な年に於いて豊作な年よりもよい作用を有すると言つて居り、松木及び平野両氏 (1948) は磷酸の水田に於ける行動を論じ、耐病性その外不良環境に対し有効であると言つて居り、この点磷酸が収量の年変異を少なくする原因であると考えられる。

次に試験年数が短いため一般の方法によつて変異係数を算出した上川支場の成績を見ると水田地力に関する試験では堆肥・無機肥料の区の収量の年変異が最も大きく、次は標準肥区であつて、その他の区では大体に於いて前記2試験区より小さい。そしてこの変異係数の小さい処理の中に無肥料区、堆肥400貫区及び600貫区が含まれて居り、堆肥の施用は無肥料と同程度の変異係数を示して居る。それに対し堆肥に無機肥料を添加した区及び無機肥料だけを施用した区では一般に変異係数が大きく、この様な傾向は大体に於いて本場の水田有機物減耗試験の場合と同様と見ることが出来る。又上川支場の肥料三要素試験では収量の変異係数の大きい区は三要素・堆肥区、無加里区、窒素単用区及び三要素・石灰区であり、変異係数の小さい区は無窒素区、三要素区、無肥料区等であつた。無肥料区で変異係数の小さいことを除けば本場の三要素試験と大体同じ傾向である。又上川支場の堆肥用量試験は3系列の試験より構成されていると見做すことが出来、各系列は堆肥の用量については同じ変化を有して居るが、その基本施肥として第1系列は無肥、第2系列は過磷酸石灰施用、第3系列は過磷酸石灰と硫酸安母尼亞施用である。先づ系列別に収量の変異係数を見ると、第3系列が最も大きく、第1系列が最も小さい。そして各系列別に堆肥の施用量と収

量の變異係数の關係を見る時、第1系列では堆肥用量最多（反当1,200貫）が特に高い以外その他の処理では余り大きい差がないが、第2系列及び第3系列では一般に堆肥用量が多くなるに従い収量の變異係数も大きくなる傾向が明らかに認められる。即ち無機質肥料と比較した場合一般に堆肥又は厩肥を施用した区の収量の年變異が少ないと言うことは程度の問題であつて、堆肥又は厩肥のみを施用した場合には可なり多量に施用しても變異係数に余り差がないが、これらの肥料に無機質肥料を添加した場合には一般的に堆肥用量の増加に従い収量の變異の巾が広くなり、特にこの場合硫酸安母尼亞を加用することがこの傾向を助長して居る。又この様な場合堆肥を過度に施用することは年により倒伏が生じ、このことが變異の巾に関係あることも考えられる。

以上の様に肥料の施用量又は種類によつて水稻の収量の變異の巾は異なるが、單に變異の巾が狭いと言うことがよいわけでないことは当然であつて、平均反収が多く且つその變異の巾の狭い処理が最もよいわけである。この見方よりすると堆肥及び三要素を使用することはよい処理と言うことが出来、窒素肥料の單用は成る可く避けるべきであり、特に無機の速効性窒素肥料を多量に施用する場合は必ず磷酸肥料との併用を行うべきである。

#### 直播栽培と移植栽培の稲収量の年變異

北海道に於いては広く水稻の直播栽培が行われて居り、本州の様な移植栽培は道南地方に限られて居るのであるが、その後移植栽培の普及を見る様になり、広くそれが行われる様になつて居る。そして移植栽培はその苗の養成方法の差によつて種々に分けられているが、普通苗代以外の特に保護された苗床で養成された苗を保護苗と呼んで居る。併しこの様な保護苗による移植栽培が行われる様になつたのは極めて最近のことで、古くは多く普通苗代による移植栽培が行われていた。前述した移植栽培は主として普通苗代に栽培されたものでそれと直播の比較は嚴密な意味より言うとき非常に多くの條件を含んで居り、簡單ではないがこのこゝでは單に移植

と直播と言う様な單一な條件のみを考えることなく、著者のこの調査に於いては稲の栽培法に於ける普通の移植栽培と直播栽培の比較であつて、その間に單に移植と言う条件のみの差を調査したのではない。それでこの調査に使用した材料はその地方の移植栽培と直播栽培の大体標準に近いものと考えられ、この様な兩種の栽培法の比較は今まで可なり多く行われて居たのであるが、それが長年にわたり行われた試験はない様に考えられるので、北海道農業試験場の材料より適当なものを集め、兩種の栽培法の比較、特に収量の年變異について調査した。そしてその調査結果より言うとき調査地により必ずしも同一結果とは言ひ得ないが、本場では調査した各品種ともにその平均収量及び變異係数についてはこの兩種の栽培法間に差が認められないが、上川支場では平均収量については移植栽培が大きく、この傾向は調査した全品種について同様であつた。又北見支場では各品種とも平均収量については差が認められないが、變異係数については品種によつてその傾向が一致していない。この様に移植栽培と直播栽培の収量の差は上川支場を除きその他の調査場所では認められず、又収量の變異係数については調査場所により異つて居り差のある所とない所がある。

この様に上川支場の場合を除き、一般に直播と移植の兩種栽培法に於いてその収量の平均及び變異係数に大きい差のない原因については恐らくは氣象條件の變異の方が収量に強く働き、この様な栽培法の差は殆んど問題にならないためと考えられ、又上川支場に於いて収量に差のあるのはこの地方の播種時期の溫度が低いにも拘わらず、その後は比較的高溫に恵まれることによつて、その播種時の低溫より保護されることにより長い生育期間を利用出来るためと考えられる。又上川支場の變異係数の移植栽培が直播より大きいことは、平均反収が多いことは多いが、氣象條件の特に不良な年ではこの兩種の栽培法による収量に殆んど差のなくなるにより説明される。

次に品種間でのその収量の變異係数に差があるかどうかをこの移植と直播の比較と同じ材料に

ついて検討して見るとき、品種間の差は明らかに認められる。そして一般に言うとき調査した各地で大抵早生品種の変異係数が小さいことが認められる。それは晩生品種は氣象条件のよい年には非常に多収であつても、不良な氣象条件のもとでは早生品種より却つて収量の少いことによるもので、このことは分散分析に於いて年と品種の交互作用が本場及び上川支場で統計的に有意であることによつても明らかである。そして北見支場でこの同じ交互作用が有意でないのは同場の供試品種間に熟期について余り大きい差のないためと考えられる。

### 水田耕起の深淺と収量及びその變異

山本氏(1940)は水稻栽培に於いて深耕の利点を説明して居り、その主なものは根の伸長をよくし、生育旺盛となり、肥料もよく土壤に吸収維持される等である。北海道農業試験場上川支場の耕起の深さに関する試験では深耕によつて明らかに増収を惹き起すことを示して居るが耕起の深さ7寸以上になるときは往々倒伏することがあり、その適當の深さは5寸~7寸である。又耕起の深淺による収量の変異係数には余り変化がなく、その原因としては収量のこの様な処理による變異よりは氣象条件による變異が著るしく大きいことによるものと考えられる。

## XII. 總 括

北海道は日本の稲作の經濟的北限であつて、その稲作の歴史も本州と比較するとき極めて新しい。そして更に北海道内でも地域的に早くより稲が栽培された地方と最近になつて稲作が滲透した地方とがある。著者は北海道の稲作に対する試験研究の今後の問題を究明するため、北海道の稲反収が現在までどんな変化をたどつて來たか、又この変化に関係ある条件は何であるか等について調査を行い、又稲収量と他作物収量の間の関係、稲収量と生育中の特性との関係等について主として統計的研究を行つた。

この調査の第一として大正1年より昭和21年までの35年間の支廳別稲反収の変異狀況を調査をすることとしたが、今まで公式に発表されている反収はそれぞれの支廳の稲作付面積で全

生産量(玄米單位石)を割つて得たもので、毎年作付面積に変化があるためこの反収は毎年同じ重みであると言ふことが出来ない。併しこの様な反収以外に適當な資料がないので、これを各支廳の毎年の平均反収として取り扱うこととし、そしてこの反収の基礎となつて居る作付面積についてその変化の概要を調査していくことの必要を認めたので、この期間の35年間の作付面積の変化を調査した。その調査によるとこの35年間に於ける支廳別の稲作付面積の変化(増加又は減少)の程度が支廳により非常に異つて居り、渡島支廳の如きはその変化最も少なく、又網走支廳はその変化が最も大きい。但し一般の傾向として大正初期より、その増加の程度には支廳により著るしい差があるが、大体各支廳とも作付面積の増大が認められ、昭和7年乃至昭和15年に最大に達して居るが、その後は減少し、昭和23年には大体大正11年乃至昭和2年の水準にまで減少した支廳が大部分である(第1表参照)。又増加の割合を地域的に見るととき渡島、膽振、上川、石狩等の割合古くより開けた地域は小さく、十勝、釧路及び網走等の支廳に於いては著るしいことが認められた。そしてこの大正初期以後の水田の拡張は大正年間に於ける割合に安定した稲の生産と第一次世界大戰後の社会的經濟的情勢によるものと考えられ、又昭和以後の壓縮はこの年間に於ける割合に多発した凶作によると共に前記拡大の反動も働いて居るものと考えられて居る。

各支廳の稲の平均反収の年々の変化の傾向についてはその傾向を一次の回歸式で表し、その回歸係数の有意性を統計的に検討したが、調査した12支廳(石狩、空知、上川、膽振、後志、檜山、渡島、日高、十勝、釧路、網走及び函館)で、何れもその係数は $P = 0.05$ で有意でなく、即ちこれらの支廳の稲平均反収については調査した35年間で何ら増加又は減少の傾向が統計的に認められなかつた。即ちこの様な意味の平均反収には何ら技術の進歩、その他の改善の影響が認められないのであるが、同様なことは既に長谷川氏(1933)も指てきて居る。併しこの反収の意味を考えると、ある支廳の

反収の変化はその年の気象条件により大きく影響されると共に、その年の栽培面積により影響され、古くより開かれた水田に於ける技術の改善その他による増収傾向は新しく開かれた未熟田又は未熟技術による低反収により相殺されたと考えられる点がある。例えばこの調査に於ける空知及び上川支廳について考えると、空知ではある程度増収の傾向にあることが認められるが、上川支廳ではそれ程でなく、このことはこの両支廳が南北に細長く位置して居り、その中に含まれる北海道の最高反収を示す米作地帯の増収傾向はその支廳の北方への水田の拡張による低反収により相殺されたと考えるべきであろう。同じ様な考え方は長谷川氏(1933)によつても示されて居り、又荒又氏(1933)によつても示唆されて居り、同氏は稲作の遠心作用と求心作用と呼んで居る。併し單にこの様な関係が全ての支廳にあてはまるわけではなく、最も作付面積の変化の少ない渡島支廳と最も作付面積の変化の大きい網走支廳との回歸係数を比較するとき前者が僅に大きい。又共に作付面積の変化の大きい十勝と網走の両支廳を比較するとき、前者の回歸係数は正であるのに後者では負であり、即ち反対の傾向を示して居る。この様なことは各支廳の地域的關係によること多く、その地方の水田の年齢、氣象的、地勢的又は土壤の條件の差によるものであると考えられる。

次に支廳別平均反収の差及びその変異係数について見る前に35年間の平均反収の度数分布を見ると明らかに異なる分布型のあることが認められる(第4図参照)。即ち北海道の中心地帯の上川、空知及び石狩等では大体正規分布(厳密には非常に異なるが反収の変異の巾が広いと言うこと、調査年数が短いこと等よりそれに近いものと考えた)に近い型を示し、日高及び十勝では最高収量の所に度数(年数)が最も多い半曲線型を、又網走及び釧路では最高及び最低収量の所に山の出来る所謂U字型分布が認められた。そして上記以外の支廳でも大体この3種の型に近いが、又はその中間の型を示すものが多く、且つその型の関係にもある程度の地域性が認められ、所謂正規分布型は大体に於い

て北海道の中心地帯に、その周縁の中で西部では半曲線型が、又東部ではU字型が認められる。そしてこの度数分布より明らかな様に変異係数も地域的に異つて居り、既に松井氏(1942)工藤氏(1949)が述べて居るのと殆んど同様に空知、石狩、後志及び渡島で小さく、釧路、網走及び十勝で大きい。このことは第5図aに示してある市町村別最低反収と第5図bに示してある最高反収の比較によつて明らかである。

平均反収の多い支廳は上川、空知、後志、渡島及び石狩で、調査した35年間の平均で1石2斗以上であり、それが低いのは釧路、十勝及び網走で、その平均は大体1石内外である。この様な関係は第5図cの市町村別平均反収よりも認められ、一般に収量の多い地帯は7月の平均気温の高い地方であることが認められる。そしてこの様に支廳別稲反収の変化の大きい原因として北海道が日本の稲作の北限であり、熱帯原産の稲がこの様な地方では当然生育を制限され、収量の中の広いことは想像されるが、又その栽培の歴史が浅く、当然技術的にも未熟なことが豊凶の差を大きくしていると荒又氏(1933)は述べてている。

北海道の稲作支廳の豊凶年が一致するかどうかを見るために、その支廳間の稲反収の相関係数を計算したところ非常に高い関係が何れの支廳間にも認められた。これと全く同じ関係が既に大後氏(1937)により東北六縣で認められている。併し支廳よりも更に小単位の市町村別反収について見ると、地域的に豊凶の關係に多少の差のあることが認められることは木村氏(1949)の東北地方に於ける調査と同様であつた。即ち北海道全般として豊凶に關しては大きい共通作用が働き、この作用は大面積を対照とすると、その作用の地域的差は認められないが、市町村の如き小単位の面積を対照とするとき僅に地域的差が認められる。

一般農家の収量豫想上に農業試験場の毎年行はれている豊凶考照試験の調査結果が役立つかどうかについては多くの議論があるが、森本氏(1947)は日本全体としてある程度役に立つと言つて居る。著者は北海道農業試験場本場、渡

島支場、上川支場、十勝支場及び北見支場の豊凶考照試験の収量とそれの試験個所を含む支廳の反收との間の相関係数を算出したところ、それらの間には何れも統計的に有意な正の相関係が認められた。併しその関係は種々の條件、例えば供試品種、肥培法、試験個所の適不適等により当然考えられる様に調査地によつて多少異つて居り、関係が餘り強いと言ふことができない。又収量豫想上の資料を得るため農業試験場の豊凶考照試験の調査成績により、その収量と生育期間中の生育と関係ある特性との相関係を調査したのであるが、その中で調査した本場、上川支場、十勝支場及び北見支場の4個所で、一般的に見て、最も収量と相関の強い特性は二百十日の草丈であり、次には大暑の草丈であつた。又出穂期までの日数と収量の関係は本場と北見支場では負で統計的に有意であるが、その他では無意であり、又一般に収量と強い相関があると言はれている葦数については本場及び上川支場で有意な相関が認められるに過ぎない(第27表、第29表、第31表及び第33表参照)。このことは北海道の様な気温が一般に低い地帯では草丈の伸長が直接気温に影響されること強く、又後に述べる様に気温と収量の相関の高いこと等より当然と考えられる。

上に述べた様に北海道に於ける稲収量の年変異が甚しいのであるが、その條件として氣象條件に関する調査研究が甚だ多いことは既に述べた通りである。そしてそれ等の結果として気温、日照時数及び降水量の中で稲の収量に最も影響力の強いのは気温であること、しかも8月の気温が収量と最も深い関係にあり、日照時数と降水量は気温よりも遙に影響が小さいが、前者は収量と正、後者は負の関係にあることが認められて居る。併し今までの研究は主として月の平均気温、日照時数及び降水量と収量の相関係数を計算し居るのに対し、著者は5月より9月末までの各旬の平均気温、日照時数及び降水量と収量の相関係を渡島、石狩、上川、十勝釧路及び網走の6支廳について調査した。その結果は第7図、第9図及び第11図に示してある様に気温との関係が最も強く、しかも5月よ

り9月までの各旬の気温と収量との関係については調査した6支廳で殆んど同じ傾向が認められ、収量と最も高い相関を示す旬は7月下旬又は8月上旬であることが全相関又は偏相関より明らかである。次に日照時数については全般的に見て余り強い関係がなく、統計的に有意な係数が算出された旬は各支廳で1乃至5であり、一般に渡島及び上川の両支廳でその関係が強いことが認められた。降水量と収量との関係は全般的に見て負であるが、統計的に有意な係数を示す旬は各支廳に於いて大抵1乃至2であり、殆んど関係がない様である。

この様に既に多くの人により認められたと同様に、北海道で稲の収量は気温により左右されることが非常に強く、このことは稲の元來の特性に基くものである。それで北海道に於ける稲の収量の年変異の大部分は氣象條件、特に気温によることが容易に推測されるのであつて、このことは種々な耕種條件による収量の変異と年による変異との比較に於いて後者が非常に大きいことによりても明らかである。

次に耕種法と収量の年変異との関係を調査し、安定した生産をあげるための技術的検討を行つた。そしてこの様な調査のためには長年月にわたる殆んど同一設計のもとに行はれた試験の結果が必要であるが、北海道農業試験場に於ける肥料試験及びその他の多少この目的に使用出来る材料が見出されるので、それらについて調査を行つた。肥料との関係については肥料の種類と量に分けて考えることが出来るが、肥料の種類の中で有機質肥料、特に推肥の施用はその量が多過ぎない限り収量の年変異を餘り大きくせず、収量を増加する傾向があり、大豆粕及び鯨粕もこれに近い作用を示している。又無機質肥料の中で窒素は収量の変異の中を広くし、磷酸はその反対の作用を、又加里は前記兩種の肥料の中間の作用を収量の年変異に及ぼして居る。この様な肥料三要素の單獨作用はこれらを組み合せて施用した場合にもある程度認められ、窒素と磷酸を併用した場合収量も多く又その年変異が磷酸単用の場合と殆んど同様であり、窒素と加里の併用は収量を窒素単用の場合より稍々



増加させるが、その年変異係数は窒素単用の場合より稍々大きくなる傾向がある。又地力の維持増進については一般に堆肥及び磷酸が有効であると言はれて居るが、著者の調査では堆肥の効果は認められるが、磷酸の効果は認められないで、窒素の効果が大い様であつた。併しこの様な現象は試験を行つた場所の關係等により、又調査した年月が長いか短いかにより変化するものと思はれる。著者の調査した北海道農業試験場の本場の材料ではこの様な地力の増減は全て統計的に無意であつたことは更にこの問題を將來調査することの必要性を感じさせる。

施肥量を多くすることはある限度を越る場合収量の変異の巾を広くすることが認められ、一般に言つて堆肥を施用することは収量も多く、且つその年変異が少なく、地力の維持にも役立つことが明らかである。

北海道に於いては水稻の直播栽培と移植栽培の兩方法が行はれて居るが、この兩種の栽培法による収量及びその変異の巾がどう変化するかについて北海道農業試験場本場、上川支場及び北見支場の材料について検討を行つた。そしてこの兩種の栽培法間に明らかに差の認められるのは上川支場に於いてであり、同場では移植栽培の方が収量は多いが変異の巾の広いことを示して居る。そしてこの栽培法による変異と年による変異とを比較するとき後者の方が著るしく大きいことが上記3調査地で共通に認められた(第49表、第52表及び第55表参照)。又品種間の収量の年変異について見ると、その間に明らかに相違が見出され、一般に早生品種は収量の変異の巾狭く、晩生品種は広いことが認められた。そしてこの様なことは一般的に言つて早生品種は気温の不良な年と良好な年の収量の差が少ないのに対し、晩生品種ではそれが大きいことより当然である。そして單に収量の変異の巾の狭いと言うことが品種のよい特性と言うことは出来ない。一般に平均反収が多くしかも収量の変異の巾の狭い品種が望ましい。耕起の深さについてその深いことが一般に増収を示すと言はれて居り、著者の調査でも同様であつた

が、その場合の収量の年変異は耕起の深さにより変化のないことが認められた。そしてこの場合大体5寸~7寸が適当な深さであつた。

農業経営上の問題として年々安定した生産をあげるために、又労働の分配その他適当な輪作の上より作物の適当な配合が考えられているが、著者は稻の収量と小麦、燕麥、大豆、馬鈴薯及び玉蜀黍の収量との間の相関、換言すると稻とこれらの作物の豊凶年が一致するかについて調査を行つた。調査した12支廳の關係は第24表の通りで、一般的に稻の豊凶とその豊凶が一致する作物は大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯であること、小麦及び燕麥は稻とその豊凶の間に何ら關係がないことが認められた。このことは既に大後氏(1942)の北海道全体として調査して居るところと大体に一致して居るのであつて、稻とその豊凶が一致する作物は馬鈴薯を除き何れも夏季高温を好む作物である。

以上より北海道の稻収量の年変異の主な原因は氣象條件、特に気温であること、そしてその他の條件は気温に比較して微弱な作用を及ぼすに過ぎないことが認められる。又技術の進歩改善に拘らず支廳別稻反収に増加の傾向が認められないことは種々な原因によるものと考えられるが、その主なものは気温が強力に作用しているものと考えられる。北海道の過去の凶作年に於ける様に收穫皆無の年があることは、この様な年には氣象條件以外の條件の差は全く收穫に關係のないと言う極端な場合を示すのである。又調査に使用した支廳別平均反収は一地带の同一面積を対照として居ないので、ある程度その対照とする面積に変化があり、又この調査期間は丁度水田の拡張の盛んに行はれた時期を含んで居り、この様なことは既に述べた様に特定の地域の反収増加の傾向をかくして居るものと考えられる。次に極端な凶作の年を除きある程度の冷害年でもそれ程低くない收穫をあげるためには当然品種、栽培法等の問題が考慮されるが栽培法の問題として肥料が大い關係をもつて居る。そして一般に堆肥を施用することが收穫を多くし、又その年変異を狭くするのであつて、窒素肥料単用は氣象條件のよい年には可

なりの収穫をあげるが、不良な年では無肥料区より劣ることがあり、窒素単用をさけてこれに燐酸を加用することは収量も多くし、又その変異の中をせまくする効果がある。

品種の問題として耐冷性品種の確立は北海道稲作の根本問題の一つであり、特に所謂障害型冷害に対する抵抗性品種の育成は明峯及び星加両氏(1939)、酒井氏(1939)によりある程度の示唆が與えられて居り早急に解決すべき問題であると考えられる。

### XIII. 摘要

著者は大正1年より昭和21年までの35年間の北海道稲作支廳の稲反収の変異についてその長期変動及びその平均反収の地域的差等について、又昭和2年より同16年までの15年間の稲作面積50町以上の市町村の稲反収の変異及びこの変異に関係ある氣象条件について主として統計的調査を行つた。更に著者は北海道農業試験場本支場の稲に関する試験の中で、主として豊凶考照試験を材料として、豊凶考照試験と支廳別反収の相関、生育中の特性と収量の相関等を調査し、又その他数個の試験について耕種法と収量の年変異について調査を行つた。その結果の概要は次の通りである。

1. 北海道の稲作付面積は各支廳とも大正初期より急激に増加し、その増加の割合は支廳により異なるが、大体昭和7~15年に最大に達し、その後は減少して居る。この初期の増加の割合は渡島支廳その他西部にある支廳では少なく、東部に位置する十勝、釧路及び網走では非常に大きい。最大面積に達した以後の減少の割合も大体増加の場合と同様東部で非常に大きく、西部では僅かである。そして昭和21年に於ける稲作付面積は大体大正11~昭和2年位の水準の支廳が大多数である。

2. 北海道の各稲作支廳の玄米平均反収(その年の作付面積で生産量を割つて得た値)について大正1年以來昭和21年までの35年間の長期変動を一次の回帰線で表すとき、その回帰係数は何れの支廳でも統計的に有意でない。併しこの平均反収の性質上特定の支廳、例えば空

知、上川の一部等では實際増加の傾向にあるものと見てよく、それは作付面積の変化の甚しいこと等より推測される。

3. 北海道の稲平均反収はこれを支廳別に見るとき上川、空知等で高く、十勝、釧路及び網走では低い。この様な関係は大体7月の等温線と一致する。そして収量の年変異について見るとき北海道の中央部が大体に於いて小さく、それより周縁に向つて変異が大きくなる傾向が認められるが、中央より西部に向うより東部に向う方が変異の中の広くなり方が甚しく、北海道の東部及び北部で豊凶の差甚しく、中央は最も少なく、西部は中位に位する。

4. 北海道の市町村単位として稲の反収を見るとき、支廳別の場合と大体に於いて同じ傾向が認められるが、更に小地域的差が明らかになる。即ち平均反収で収量の多い地帯は北海道の中央部上川及び空知の大体7月の平均気温が21°Cの所(旭川、深川を中心とした地方及び富良野附近)、空知の栗沢及び膽振の洞爺地方であり、又地域的にその附近より可なり収量の多い町村、例えば網走の端野などがある。

5. 市町村の最低反収を見るとき、それが收穫皆無又はそれに近い市町村は北海道の東部及び北部に位置するものゝ大部分である。そしてこの様な凶作の年では北海道全般が凶作であることは当然であるが、小地域的に見るときその間に多少の差があることが認められ、凶作年の凶作の中心が年によつて異なる。

6. 北海道の稲作支廳の稲反収間には非常に高い相関々係があり、即ち各支廳の豊凶年は一致して居る。このことは北海道の稲作には非常に強力な共通の作用、主として気温が働いて居ることを示す。

7. 豊凶考照試験の稲の収量と支廳の稲反収の間には統計的に有意な正の相関がある。

8. 稲の収量と氣象条件の中の5月より9月までの各旬の気温、日照時数及び降水量との相関係数を渡島、石狩、上川、十勝、釧路及び網走の6支廳について算出したが、収量と最も高い関係にあるのは気温であつて、次は日照時

数、降水量の順であつた。そして一般的には気温及び日照時数と反収は正、降水量と反収は負の相関である。又それらの間の相関係数は生育時期により異り、気温については一般に5月上旬より漸次高くなるが、6月下旬では再び低く、その後は漸次高くなり、7月下旬乃至8月上旬が最も高い係数を示す。又日照時数及び降水量と反収の相関係数は統計的に有意なものは少いが、近接した支應間では非常によく似た変化を示して居る。

9. 稲の豊凶と大豆、玉蜀黍及び馬鈴薯の豊凶とは大体一致するが、稲と小麦及び燕麥の豊凶間には一定の関係がない。

10. 稲の収量の変異と肥料の関係について北海道農業試験場本場及び上川支場の材料を調査した。その結果として一般的に次のことが認められた。

堆肥は収量の増加、地力の維持に役立つと同時に、その施用量が過多でない限り収量の年変異をそれ程大きくしない。魚粕及び大豆粕も堆肥とよく似て居る。無機質肥料の中で窒素はこれを単用する場合無肥料に比較して一般に収量を増すが、その変異の巾を甚しく広くし、往々不良な年には無肥料より収量が劣る。過磷酸石灰単用は無肥区に比し収量は僅に増すが、その収量の年変異の巾は無肥区と等しいか又はそれより小さい傾向がある。加里単用は上川支場で磷酸単用と平均収量について殆んど差がないが収量の変異の巾は磷酸単用の場合より広い。二要素を組み合わせた場合無窒素区は収量も少なく、変異の巾も狭いが、無加里区は収量多く、又変異の巾はそれ程大きくならない。又三要素は一般に収量最も多いが、その変異の巾は磷酸単用又は無加里の場合と同程度である。

11. 移植栽培と直播栽培のそれぞれの反収の変異については北海道農業試験場本場及び北見支場では平均収量及びその年変異の巾に差は認められないが、上川支場では移植栽培の方が収量多く、又変異の巾は多少広いことを示して居る。

12. 品種と収量の年変異については一般に晩生品種がその変異の巾の広いことを示してい

る。

13. 耕起の深さと収量については深耕は収量を増すが、変異の巾には何ら差がない。

#### XIV. 参考文献

1. 明峯正夫, 星加賀美 (1939) 水稻の不稔性の品種間差異及び環境との関係. 北大農学部農場特別報告第7号
2. 青木茂一 (1948) 水田土壤中に於ける磷酸塩の行動. 農及園 23 : 334~338
3. 青峯重範, 高橋久子 (1946) 水田に於ける施肥と地力. 同上 21 : 137~138
4. 荒又操 (1933) 北海道に於ける米反当収量の推移と変動. 札幌農林学会報 24 : 493~519
5. \_\_\_\_\_ (1948) 北海道農業の研究. 柏葉書院
6. 大後美保 (1937) 東北六縣に於ける気温と水稻反当収量との関係. 産業氣象月報 5 : 143~158
7. \_\_\_\_\_ (1940) 水稻の収量と氣象との関係 (第一報) 氣象集誌 II (18) : 137~144
8. \_\_\_\_\_ (1942) 日本内地各地に於ける主要農作物の豊凶相互間の関係に就いて. 産業氣象調査報告. 10 : 1~48
9. \_\_\_\_\_ (1943) 農作物の収量と氣象との関係に関する研究. 産業氣象の研究 第一輯 : 37~140
10. \_\_\_\_\_ (1944a) 水稻の氣象生産指數の算出とその応用 (北海道について). 農及園 19 : 589~590
11. \_\_\_\_\_ (1946b) 農作物の収量豫想に関する農業氣象学的研究. 産業氣象の研究 第二輯 : 103~188
12. \_\_\_\_\_ (1945) 日本作物氣象の研究. 朝倉書店
13. Davis, F.E. and Pallesen, J.E. (1940) Effect of the amount and distribution of rain-fall and evaporatoin during the growing season on yields of corn and spring wheat. Jour. Agr. Res. 60:1-23
14. 榎本中衛 (1933) 水稻の開花前後の低温

- と稔実の關係に就いて. 日作紀 5: 192~203
15. Ezekiel, M. (1930) Methods of correlation analysis. New York.
16. Fisher, R.A. (1921) Studies in crop variation. I. An examination of the yield of dressed grain from Broadbalk. Jour. Agr. Sci. 11:107-135.
17. \_\_\_\_\_ (1936) Statistical methods for research workers. 5 ed. Edinburgh.
18. 長谷川徳太郎 (1933) 北海道に於ける米作と氣象. 北海道氣象月報 450: 4~6
19. 北海道廳 (1913~1936) 北海道統計書 勸業の部 大正1年より昭和10年まで
20. 北海道農業会 (1948) 北農調査時報 特輯第二号
21. 北海道農業試験場 (1927) 大正15年の不作より見たる耕種上の注意 北農試彙報45号
22. \_\_\_\_\_ (1942) 昭和16年水稻作況調査報告
23. 北海道産業氣象協会 (1949) 北海道氣候表
24. 北海道統計協会 (1933~1941) 北海道統計
25. 星川信吉 (1929) 旭川地方に於ける稲作の豊凶の豫想について. 産業氣象調査報告 1: 411~416
26. Houseman, E. E. and Davis, F. E. (1942) Influence of distribution of rainfall and temperature on corn yield in western Iowa. Jour. Agr. Res. 65:533-545
27. 市村三郎 (1948) 北見市附近に於ける農作物の豊凶と氣象狀態に就いての一考察
28. 池田湧 (1938) 旭川に於ける稲作と氣温との關係. 北海道氣象月報 517: 180~184
29. 池田徹郎 (1940) 岩手縣に於ける稲作と氣温の關係及び米收量に就いて. 日本學術協會報告 15: 104~108
30. 池野四郎, 藤原咲平 (1932) 根室及びグッチハーバーの冬期氣温と北海道米作との相關々係に就いて. 氣象集誌Ⅱ (10): 489~492
31. 柿崎洋一, 木戸三夫 (1938) 水稻の穂の生育過程上に依る稔実障害の受け易き時期. 農及園 13: 50~62
32. Kalamkar, R.J. (1933) A statistical examination of the yield of mangolds from Barnfield at Rothamsted. Jour. Agr. Sci. 23:161-175
33. \_\_\_\_\_ and Singh, S. (1935) A statistical examination of the yield of wheat at the Cawnpore Agricultural College Farm Part. I. Ind. Jour. Agr. Sci. 5:346-354
34. 加藤茂苞 (1933) 日照及び温度の稲作に対する重要な時期に就いて. 日作紀 5: 314~323
35. 川口丈夫 (1934) 北海道米作と氣候因子との關係に就いて. 北海道統計 18: 25~28
36. \_\_\_\_\_ (1940) 北海道の米作地域と品種 同上84: 2~5
37. 木村吉郎 (1949) 東北地方の凶作に関する農業氣象学的研究. 東北農業 3: 110~113
38. 木下茂吉 (1937) 北海道に於ける氣温と米作反当收量との關係. 北海道氣象月報 501: 117~123
39. 北田道男 (1934) 北海道の夏季氣温に就いて. 同上 46: 86~94
40. 小林清次 (1932) 根室の冬期氣温と十勝国の米作との相關々係に就いて. 氣象集誌Ⅱ (10): 658~660
41. 小林彌吉 (1927) 稻の開花に対する外界の影響に就きて (3) 温度の關係. 農学会報 290: 20~29
42. 工藤元 (1949) 北海道に於ける稲作の發展. 農業綜合研究. 臨時増刊: 86~137
43. 国井幸次 (1934) 北海道の米作と氣象との關係. 北海道氣象月報 466: 139~145
44. 松井秀一 (1942) 北海道米作立地に関する統計的考察. 其の二 反当米收量と氣温. 北海道統計 110: 1~13
45. 松川哲美 (1922) 本道の米作と氣温との相關. 北海道氣象月報 318: 5~7
46. \_\_\_\_\_ (1922) 本道の米作と7, 8月の平均氣温の豫想. 同上 324: 3~8
47. 森本勇 (1947) 我国に於ける水稻品種の生産力に関する研究. 日作紀17: 10~11

48. 永井威三郎 (1926) 日本稲作講義 養賢堂
49. 中原孫吉 (1940~41) 寒地農作物の収量と氣象の相関的研究 I, 米収量と氣象の關係. 北海道氣象要報 1: 157~163
50. \_\_\_\_\_, 向井豪夫 (1940) 北海道に於ける雪と米作. 同上 1: 135~141
51. 中村誠助, 相馬幸次郎 (1940) 水稻豊凶考照試験より見たる稻の生育相と豊凶との關係 札幌農林学会報 32: 124
52. 中西定一 (1943) 北海道に於ける水稻の収量と氣象の相関的考察. 応用氣象 2: 21~22
53. 根本広記 (1927) 渡島地方の稲作と氣象との關係. 北海道氣象月報 385: 4~10
54. \_\_\_\_\_ (1929) 渡島地方の稲作と氣象との關係. 産業氣象調査報告 1: 269~294
55. 錦織英夫 (1933) 北海道の稲作に対する氣候的制約. 北海道統計 3: 2~16, 5: 2~10
56. 野上富士夫, 松井秀一 (1942) 北海道米作立地に関する統計的考察. 同上 104: 1~9
57. 小野崎研造, 井口梶雄, 小笠原眞澄 (1933) 昭和6年の不作より見たる耕種肥培上の注意. 北農彙報第57号
58. 酒井寛一 (1937) 低温による稻の小孢子形成細胞分裂の阻害. 日作紀 9: 207~212
59. \_\_\_\_\_ (1939) 水稻の冷害不稔実問題に対する細胞学的示唆. 同上11: 40~49
60. \_\_\_\_\_ (1949) 冷害における稻不稔性の細胞組織学的並びに育種学的研究特に低温によるタペート肥大に関する実験的研究. 北海道農業試験場報告 第43号
61. 高橋秀雄 (1934) 北海道の米作とオホーツク海の流氷期間との相関々係に就いて. 北海道氣象月報 471: 260~261
62. 高橋信 (1934) 旭川, 帯広両地方に於ける降水量の年変化に就いて. 同上 465: 116~117
63. 高橋正男 (1937) 上川の米作に就いて. 北海道統計 44: 32~34
64. 高橋保 (1919) 稲作と氣温の關係. 北海道氣象月報 285: 3~5
65. \_\_\_\_\_ (1929) 北海道の米作と氣温との關係. 産業氣象調査報告 1: 395~403
66. 高杉成道 (1938) 生育の各期に於ける一定低温の水稻に及ぼす影響に就いて (豫報). 農及園 13: 965~972
67. 瀧口義資 (1930) 水稻の開花結実に対する最低温度に就きて. 同上 5: 165~171
68. 田沢博 (1947) 北海道農業の豊凶をさぐる
69. Tin, U. (1941) Eleven year's result on continuous manuring of paddy at Mandalay. Ind. Jour. Agr. Sci. 11:21~30
70. 統計科学研究会 (1945) 統計数値表 I. 3版 河出書房
71. 内館泰三 (1942) 北海道稲作の週期型に就いて. 北海道統計 103: 1~4
72. 梅田三郎 (1938) 北海道に於ける稲作豊凶年の夏季氣温分布. 北海道氣象月報 515: 117~122
73. 渡辺侃 (1932) 寒地に於ける水稻の生育に就いて. 札幌農林学会報 24: 251~273
74. \_\_\_\_\_ 荒又操 (1935) 北海道に於ける各種主要農作物の豊凶關係. 同上27: 24~67
75. 山田順太郎 (1919) 上川地方の米の収量と氣象との關係. 北海道氣象月報 228: 3~11, 289: 3~11, 289: 2~6, 291: 3~16
76. 山本健吾 (1940) 寒地稲作の實際. 養賢堂
77. 米田茂男 (1948) 地力低下の原因並びに操作に関する一考察. 農及園 23: 99~102
78. 吉野至徳 (1945) 北海道に於ける水稻の栽培原理. 北方出版社