水稻の減数分裂期における水温，気温ならびに遮光 などの処理が不稔歩合に及ぼす影響*

和田 定・國 廣 泰 史・本 間 昭

(北海道立上川農業試験場)

緒 言

水稻の障害型冷害に及ぼす低温と遮光の影響については、2つの異なつた報告がある。すなわち、一つは遮光は低温障害に影響がないとしているし、もう一つは遮光は低温障害を助長するとしている。前者は清沢ら^{1,2)}によつて代表され、障害型冷害は低温障害が主体で、低温にともなう寡照は、冷害を助長しないとする考え方である。一方後者は島崎ら¹⁴⁾によつて代表される。

実際の障害型冷害の年次には、一般に低温と寡照が相伴つて現われるので、両者の関係は判然と区別し難い。しかし、冷害対策には両者の関係を明確にしておくことが大切であると考えられる²⁾。

清沢ら^{1,2)}ならびに島崎ら¹⁴⁾の実験は、一品種のみを用いており、品種と低温・寡照との関係については不明の点が残されているように思われる。また、寒冷地域で水稻の新品種を育成する際、冷害抵抗性の検定を合理的に行なうには、処理要因間の関係を究明しておく必要があると考えられる。

以上の観点から本実験を実施したが、気象箱を用いた実験の性格上、なるべく多くの要因を取りあげ、これらの要因についても二、三の検討を行なつた。

水稻の冷害は、一般に遅延型と障害型に分けられるが、本実験ではこのうち後者に限定し、稲作上冷害のもつとも危険期とされる、減数分裂期について検討した。

本報は、1か年の成績であり、奥野ら^{11,12)}の方法にしたがつて要因を組み入れ、実験の精度を高めたが、いわゆる水稻の前歴による影響もあるかと思われる。各位の教示をお願いしたい。

材 料 と 方 法

本実験には、水稻の耐冷性(障害型)に大きく影響

* 昭和 47 年 2 月 28 日受理

大要は日本作物学会第 152 回講演会において発表。

第 1 表 処理要因と水準

要 因	水 準		備 考
	1	2	
光	自然	遮光	クレモナ寒冷紗を用いて75%遮光
昼 気 温	26°C	18°C	昼間 9.00→17.00 時
昼 水 温	26°C	18°C	昼間 9.00→17.00 時
夜 気 温	18°C	10°C	夜間 17.00→9.00 時
夜 水 温	18°C	10°C	夜間 17.00→9.00 時
水 深	5cm	20cm	ポットの土面から水面までの距離
処理期間	6 日	12 日	6 日間処理区は、処理後 6 日間 22°C(昼 26°C 夜 18°C)の気象箱においた。
品 種	栄光	豊光	出穂期同じ、障害型耐冷性、栄光=強、豊光=弱

すると推定される8つの要因を取りあげ、各要因の水準は2つに限定した。これらの要因と水準は、第1表に示すとおりである。この実験には、気温と水温が独立に変温できる人工気象箱を4台用いた。これらの気象箱には水槽が4個あり、このうち2個ずつ各々独立に変温できるように設定されている。

試験設計は、2⁸、1/4 実施とし、奥野ら¹¹⁾の直交表によつてわりつけを行なつた。この実験では、所定の時刻(9.00, 17.00)に気象箱間または、気象箱内水槽間でポットの移動を行なつた。なお、本実験は64ポットよりなる1ブロック試験とした。

1処理には1ポット(1/5,000 a)を用いており、各ポットには2株2本植えを行なつた。施肥量は、10 a 当たり換算で、N.P.K. 各々 25kg とし、このうち 7.5kg は追肥とした。ポットには、代かき前に施肥をしておいた水田土壌を用いた。

設定温度の 26°C は水稻の生育に好適な温度、10°C は北海道の中央部で、水稻の減数分裂期に時々現われる温度である。自然光に対する遮光程度は 75 %で、清沢^{1,2,3)}の 70 %、島崎¹⁴⁾の 60 %に比べると多少多いが、本道ではこの程度の寡照は水稻の穂孕期に出現

することがある。

品種は、出穂期の同じ栄光と豊光を用いた。両品種は北海道では中生種に属する。これらの品種は、障害型冷害に対する抵抗性が異なり、栄光はやや強、豊光は弱に判定される。処理時期は減数分裂期で、葉耳間長 $-5\text{ cm} \sim +2\text{ cm}$ の範囲の茎を処理の対象とした。これらの茎は、標準区で出穂前 10~12 日程度に当たる。調査には、1ポットにつき該当する 10 穂を用いた。不稔は、子房の肥大が穎の外部から肉眼的に認められないものをもつてした。

水深の 5 cm と 20cm は、既往の報告¹³⁾を参考にし、て決めた。酒井によると冷害危険期の穎花は、水深 5 cm では全部が空気中にさらされ、20cm では 100% 近く水中にある。なお、本実験の水稻はポット栽培のため、収穫時でも圃場の材料に比べると約 10cm 短かつた。

本実験では、統計処理を行なうために、不稔歩合を $\arcsin$ 変換した不稔指数を用いた。計算は、すべて農林研究計算センターに依頼して行なつた。

この実験を行なつた 1968 年は、本道は高温・多収年次で日照も多く、且、人工気象箱も正常（設定温度に対し $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ）に運転され、実験は支障なく遂行された。

結果と考察

分散分析の結果は第 2 表に、主効果の水準別平均値は第 3 表に示した。これらの表では、水準間の比較は主効果については、32ポット 320 穂の平均値、交互作用については、16ポット 160 穂の平均値で示されている。

第 2 表によると全部の要因に、有意な主効果が認められるが、これらのうち夜気温と品種の効果が大きく、水深の効果は比較的小さい。交互作用が有意になつた項は 7 つあるが、これらの交互作用には水深が関係している場合が多い。また、光×品種に認められる交互作用は、従来指摘されておらず、興味があると考えられる。一方、光×昼気温、光×夜気温、昼気温×夜気温などに有意な交互作用が認められないことは注目される。

従来、低温と遮光が水稻の障害不稔に及ぼす影響を究明した報告は、低温と遮光を別々に行なつた実験結果に基づくものが多い²⁾。また、圃場試験や野外のポット試験では、遮光処理にともなう低温の影響を除去でき難いと思われる。人工気象室を用いた実験でも、水温を制御できない実験は、晴天時にはポットの水、

第 2 表 分散分析表

要 因	自由度	平 均 平 方	F
光	1	775.1	9.59**
昼 気 温	1	1,351.3	16.72***
昼 水 温	1	971.5	12.02**
夜 気 温	1	4,797.6	59.36***
夜 水 温	1	3,236.1	40.04***
水 深	1	389.6	4.82*
処 理 期 間	1	2,815.8	34.84***
品 種	1	7,729.0	95.63***
光 × 昼気	1	133.4	1.65
光 × 昼水	1	86.5	1.07
光 × 夜気	1	92.9	1.15
光 × 夜水	1	131.7	1.63
光 × 水深	1	48.5	0.60
光 × 期	1	60.6	0.75
光 × 品	1	835.7	10.34**
昼気 × 昼水	1	4.8	0.06
昼気 × 夜気	1	21.0	0.26
昼気 × 夜水	1	35.6	0.44
昼気 × 水深	1	504.3	6.24*
昼気 × 期	1	22.6	0.28
昼気 × 品	1	8.1	0.10
昼水 × 夜気	1	4.0	0.05
昼水 × 夜水	1	102.6	1.27
昼水 × 水深	1	1,771.6	21.92***
昼水 × 期	1	74.4	0.92
昼水 × 品	1	23.4	0.29
夜気 × 夜水	1	108.3	1.34
夜気 × 水深	1	1,593.0	19.71***
夜気 × 期	1	543.1	6.72*
夜気 × 品	1	525.3	6.50*
夜水 × 水深	1	2,501.4	30.95***
夜水 × 期	1	109.1	1.35
夜水 × 品	1	226.3	2.80
水深 × 期	1	3.2	0.04
水深 × 品	1	59.8	0.74
期 × 品	1	25.9	0.32
誤 差	27	80.8	—

注 1) 不稔歩合を $\arcsin$ 変換した数値を用いた。

2) * ** *** はそれぞれ 5, 1, 0.1% 水準での有意性を示す。

地温は、自然光区と遮光区ではかなり異なり、長期間の処理ではこれが水稻の生理に影響すると推定される。この実験では、ポットを水槽に入れて水温も制御してあるので、これらの懸念は少ない。

以下、得られた結果について現象論的に考察を行なう。

主効果について、統計的に水準間の比較が行なえるのは、その要因を含む交互作用がすべて有意でないと

き、または有意であつてもその平均平方の値が主効果のそれよりかはるかに小さいとき ($1/4 \sim 1/5$ 以下) のみとされている¹²⁾。

第2表から、交互作用を考慮に入れると、主効果は光、昼・夜気温ならびに昼・夜水温については、解釈できないことになる。つまり、光は品種と昼気温は水深と夜気温は水深、期間、品種と昼水温は水深と夜水温は水深との関係でそれぞれ検討されなければならないことがわかる。しかし、品種と処理期間については有意差があり、第3

表から、品種別には豊光の不稔歩合が栄光より多く、処理期間は長期処理の場合に不稔歩合が多いことがわかる。

次に、交互作用の項についてみると、光×昼気温、光×夜気温の交互作用は有意でない。これらのことは清沢ら^{1,2)}の報告と同じく、障害不稔に及ぼす光と気温との間には関係がないと解釈される。つまり、本実験の範囲内では、不稔歩合は遮光によつて助長されないといえる。

松島ら¹⁰⁾は、温度と遮光を組合せて生育各期に処理を行ない、登熟歩合の低下に及ぼす遮光 (90%) の影響は、高温下では大きい低温下では少ないとしている。また同氏ら^{6,7,8,9)}は、圃場で遮光試験を行ない、

第3表 主効果の水準別平均値 (不稔指数)

要 因	水 準	
	1	2
光	41.03 (43.1)	47.99 (55.2)
昼 気 温	39.91 (41.2)	49.10 (57.1)
昼 水 温	40.16 (41.6)	48.40 (55.9)
夜 気 温	35.85 (34.3)	53.17 (64.1)
夜 水 温	37.40 (36.9)	51.62 (61.5)
水 深	42.04 (44.8)	46.98 (53.5)
処理期間	37.88 (37.7)	51.14 (60.6)
品 種	33.52 (30.5)	55.50 (67.9)

注 1) () 内は計算後不稔指数からもどした不稔歩合。

2) 1. s. d (5%) = 4.59

第1図 品種と光の関係 (不稔歩合)

第2図 昼気、光、品種の関係 (不稔歩合)

出穂前1~6日までの処理では稔歩合は低下しないことを明らかにしている。これらは、清沢ら^{1,2)}ならびに筆者らの結果と同じことを意味するものと考えられる。

清沢³⁾によると、25°C では無遮光区、遮光区共に充実花粉歩合の低下は認められない。21°C 下では僅かに充実花粉歩合の低下がみられるが、遮光の効果は認められない。17°C では充実花粉歩合の低下がみられ、この場合にも遮光区との間に差は認められない。これらの事実は、穂孕期の遮光処理は花粉の発育に何ら影響を与えないことを示すと述べており、以上のことは障害型冷害は遮光によつて影響されないことの一つの理由になるものとしている。

島崎ら¹⁴⁾は、低温、遮光に対する障害不稔の発生状況が、清沢ら^{1,2)}と異なることに対して、両者の実験方法の差異に起因するのではないかと述べている。すなわち気温の処理を島崎ら¹⁴⁾は昼・夜変温、清沢ら^{1,2)}は昼・夜恒温で行なっている。また島崎ら¹⁴⁾は、実際の低温時における外気温には、昼・夜の温度較差がみられ、したがって、清沢ら^{1,2)}の実験結果は実際の冷害に敷衍し難いのではないかと、との見解を表明している。筆者らの実験では、第2表によると光×昼気温、光×夜気温ならびに昼気温×夜気温に有意な交互作用が認められない。これらのことから、光×昼気温×夜気温の3要因間の交互作用は有意でないものと推定される。すなわち、低温と遮光が水稻の不稔歩合の多少に及ぼす影響は、変・恒温に関係がないものと思われる。島崎ら¹⁴⁾と清沢ら^{1,2)}の実験結果の異なることについて、本実験の範囲内では両者の実験方法の差、昼・夜の変・恒温に帰着させることはでき難いのではないかと考えられる。もつとも島崎ら¹⁴⁾と筆者らの実験では、設定温度、変温時ならびに遮光の程度が異なるの

で、これらの点については今後問題が残されている。

処理期間と光の関係については、第2表から処理期間の主効果は有意であるが、処理期間×光には有意な交互作用が認められない。清沢²⁾は6日間と10日間の遮光処理の結果から、障害不稔に及ぼす処理期間の影響は、程度の差以外に本質的な差はないとしているが、この実験結果からも同様のことがいえる。

次に、光×品種に認められる交互作用について考察する。第2表によると光×品種には、1%水準で有意な交互作用が認められる。第1図に光と品種との関係を示した。この図によると不稔歩合は、豊光では自然光と遮光に差が認められないが、栄光では差が認められる。第2図には昼気温、光ならびに品種の関係を示した。この図で、昼気温と光の関係を品種別にみると、豊光では自然光と遮光で平行的な関係がみられる。栄光では豊光と異なり自然光と遮光では、高・低温に対する反応に差が認められ、自然光では高・低温に対する差は少ないが、遮光では差が大きく、低温・遮光で不稔歩合が多くなる傾向にある。これらのことから、豊光では遮光は低温障害を助長しないといえる。一方、栄光では遮光は低温障害を助長するといえる。

島崎¹⁴⁾の供試品種は栄光であり、この実験でも2品種のうち、栄光については島崎¹⁴⁾と同様の結果が得られている。一方、清沢^{1,2)}の供試品種は陸羽132号である。この実験でも豊光では清沢^{1,2)}と同様の結果が得られている。従来、低温と遮光が水稻の障害型冷害に及ぼす影響について、異なつた報告があるのは、本実験の結果から、供試品種による影響があるかと推察される。

近藤^{4,5)}は、実験年次が異なると同一の処理方法で、品種の不稔歩合の順

第3図 昼気温と水深との関係 (不稔歩合)

第4図 昼水温と水深との関係 (不稔歩合)

第5図 夜気温と水深との関係 (不稔歩合)

第6図 夜水温と水深との関係 (不稔歩合)

第4表 交互作用が有意な2因子の水準
組合せ別平均値 (不稔指数)

光	品	期		夜気	品	水深	
		1	2			1	2
1	1	26.43 (19.8)	55.63 (68.1)	1	1	32.13 (28.3)	39.57 (40.6)
		40.61 (42.4)	55.36 (67.7)			43.62 (47.6)	62.71 (79.0)
2	2	34.64 (32.3)	45.19 (50.3)	2	2	27.73 (21.7)	43.98 (48.2)
		49.44 (57.7)	48.76 (56.6)			39.31 (40.1)	67.02 (84.8)
昼水	1	43.41 (47.2)	37.82 (37.6)	1	1	41.18 (43.3)	33.61 (30.6)
		40.68 (42.5)	56.13 (68.9)			42.90 (46.3)	60.34 (75.5)
夜水	1	28.39 (22.6)	43.31 (47.1)	2	2	41.18 (43.3)	33.61 (30.6)
		55.69 (68.2)	50.64 (59.8)			42.90 (46.3)	60.34 (75.5)

注 1) () 内は計算後不稔指数からもどした不稔歩合。
2) 1, 2 の数字は水準を示す。
3) 1. s. d (5%) = 6.52

第7図 出穂前7～20日の日射量 (旭川気象台観測)

- 注 1) '66 = 7月25日～8月7日
'68 = 7月10日～7月25日
'71 = 7月16日～7月29日
2) '66, '71 は障害型冷害年, '68 は高温多収年, 出穂日は上川濃試作況田のしおかり。
3) '71 の -17 日は推定値。

位が異なる場合があり、これは試験年次の天候の良否によるとしている。また、同氏⁵⁾は、耐冷性には生態的適応性と低温抵抗性が関与しており、前者の弱い品種は、冷害の気象下では著しく生理機能が低下して、低温抵抗性が弱まり、不稔を多発すると述べている。

藤坂支場では^{註)}、水稻品種トワダとフジミノリを用いた、低温と遮光に関する実験結果から、耐冷性の弱いトワダが低温遮光で不稔歩合が多くなるとしている。筆者らの実験では、耐冷性の強い栄光が低温・遮光で不稔歩合が多くなっている。これらのことから、低温と遮光に対する障害型冷害の被害状況は、品種本来の特性のように推察される。しかし、これらの点に関しては、今後多数の品種について究明されねばならない。

昼気温×夜気温の交互作用は有意でないが、夜気温×品種には有意な交互作用が認められる。耐冷性の検定を行なう際、昼・夜、変・恒温をどのようにするか、が問題になるが、第4表によると耐冷性の弱い品種が夜気温の低いときに不稔歩合が多い。したがって、本実験の範囲内では、選抜には変・恒温いずれでもよいが、品種の低夜気温に対する反応には、問題が残されているように思われる。

次に、水深と不稔歩合との関係は、第2表からもわかるように、水深の主効果は5%水準で有意性を示すにすぎない。また水深は昼気温、昼水温、夜気温ならびに夜水温との間に有意な交互作用が認められること

から、水深はこれら要因との関係で検討すべきことがわかる。水深とこれらの要因との関係は、第4表ならびに第3～6図に示した。これらの関係からもわかるように、水深と他要因との関係は、従来の知見^{13,16)}を確認したものが多い。すなわち、浅水の場合は昼・夜気温の高低による不稔歩合の変動が大きく、深水の場合には小さく(第3, 5図)、低温時の深水の効果を表わしている。また、昼・夜に関係なく水温の低い場合には深水で不稔歩合が多く(第4, 6図)、水温の低い場合には深水の逆効果を示している。

光×昼水温には、有意な交互作用が認められない。しかし、第2, 3, 4表からわかるように昼水温と水深の間には有意な交互作用が認められ、高水温のときには不稔歩合が少ない。これらのことは曇天、寡照時でも水温をあげ、水深を深く保てば障害型冷害を軽減させることができることを示しており、従来¹⁵⁾、寒冷地の稲作指導上とりあげられている穂孕期の水管理技術を裏づけるものと考えられる。

結 語

水稻の障害型冷害に及ぼす、低温と遮光の影響について、前述のように2つの異なった報告がある。清沢ら^{1,2,3)}は低温による被害が主体で遮光の影響はないとしている。一方、島崎ら¹⁴⁾は遮光は低温障害を助長するとしている。本実験では、一般的には低温下の寡照は不稔歩合を増加させるとはいいい難い。減数分裂期の被害は、不稔歩合以外に1穂粒数の減少がある。従来の報告^{1,2,10)}では、稈実粒数の減少に及ぼす遮光の影響は高温下で大きく、低温下では少ないとされている。したがって、清沢らが報告しているように障害型冷害年には低温による被害が主体で、遮光による影響はあつても、ごく少ないのではないかと考えられる。

本実験では、2品種を供試し、このうち豊光では、光の効果は認められないが、栄光では差が認められた。また、栄光は豊光に比べて低温・遮光で不稔が多くなる傾向を示した。島崎ら¹⁴⁾の実験には栄光が用いられており、清沢ら^{1,2,3)}の実験には陸羽132号が用いられている。これらのことから、島崎ら¹⁴⁾と清沢ら^{1,2,3)}の報告が異なる理由として品種差が関与していることが推定された。

気温、水温ならびに水深の関係は、低気温の際には深水の効果が確認された。

耐冷性(障害型)の検定方法については次のことが考えられる。

昼気温×夜気温には、有意な交互作用が認められな

註) 昭和41年度、青森県農試藤坂支場基礎試験成績書

いので、気象箱の設定温度は昼・夜の変・恒温いずれでもよいと云える。また、期間×品種の交互作用も有意でないで、本実験の温度の範囲では、処理条件（温度と日数）は既往の結果に基づき育成地の実状で決めればよいと云える。また、昼水温×品種、夜水温×品種ならびに水深×品種の交互作用が有意でないことから、減数分裂期の障害型冷害の検定には水温を併用しなくてもよいのではないと思われる。

水深×品種、昼水温×夜水温、昼水温×期間、夜水温×期間の交互作用はすべて有意でない。角田ら¹⁷⁾は水稻品種の耐冷性検定の改善案として、短期深水冷水処理法を提唱している。この方法を採用する際、本実験における上記の交互作用を考慮に入れると、昼・夜の水温は変・恒温いずれでもよく、また、処理温度と処理期間は、検定地の実状に応じて決めればよいと考えられる。水深は供試材料にもよるが、本道的水稻では20cm(5cmでは穂は空気中にある)程度でよいと考えられる。また、この方法を採用する際、昼気温×水深ならびに夜気温×水深の効果は有意であるが、深水のときは昼・夜気温の効果は比較的小さいことから、外気温の変動が極端に大きくなければ気温の制御はしなくてよいと思われる。

本道の育種家は経験的に、水稻品種の耐冷性は、数年間の判定結果に従うと、冷害年次（障害型）の被害状況と平行的な関係にあると考えている。1971年は、北海道は近年に稀な冷害年次であるが、耐冷性の強い品種に予想外に被害の生じたことを度々聞かされている。また、筆者らの育成地についても同様の事例がみられる^{註)}。1971年の気象の特徴は過去の冷害年に比べて、水稻の穂孕期に日射量の少ないことが指摘される（第7図）。本実験で光×品種に有意な交互作用が認められることを考慮に入れると、以上の理由として寡照の影響が推定され、今後耐冷性の検定には、低温遮光の検定も併用する必要があると考えられる。

要 約

水稻の障害型冷害に及ぼす要因の影響を究明するために、人工気象箱を用いて実験を行なった。要因は光、昼・夜気温、昼・夜水温、水深、処理期間ならびに品種などをとりあげ、各要因は各々2水準にした。試験設計は2⁸、1/4実施とし、奥野ら¹¹⁾の直交表によつて設定した。処理(時期)は減数分裂期で、葉耳間長-5cm～+2cmのものを処理の対象とした。調査には1ポットにつき該当する10穂を用いた。結果の要

註) 昭和46年度：水稻育種成績書，上川農試

約は次のとおりである。

1. 分散分析の結果、とりあげた全部の要因に有意な主効果が認められた。交互作用は、光×品種が有意であり、また、多くの場合水深との間に有意な交互作用が認められた。

2. 低温と遮光が障害型冷害に及ぼす影響については、一般的には低温の影響が主体であるように考えられた。

3. 供試2品種のうち、栄光は低温・遮光で不稔歩合が多くなるが、豊光ではこのような傾向は認められなかつた。既往の報告では、水稻の障害型冷害に対する低温と遮光の影響が異なる事例がみられるが、これらは品種の特性に帰着するのではないかと推定された。

4. 従来報告と同じく、冷気温の際は深水で、冷水温の際は浅水で不稔歩合が少なく、減数分裂期における水管理の重要性が確認された。

5. 減数分裂期における耐冷性（障害型）の検定方法については、次のことがいえる。a. 気温を制御すれば水温は考慮しなくてよい。b. 気温は昼・夜、変・恒温いずれでもよい。c. 耐冷性検定に低温、遮光処理も併用する必要がある。d. 短期深水処理による検定では、水温は昼・夜変・恒温いずれでもよく、水深は20cm程度でよい。

本実験の設計には、北海道農試柴田室長のご教示を得た。また実験の遂行には松村孝子氏の協力を得た。厚くお礼申しあげる。

引用文献

1. 清沢茂久・相見霊三 1959. 水稻の障害型冷害における低温と遮光の役割. 日作紀 27: 417—421.
2. ——— 1960. 水稻の冷害における寡照の意義. 農業技術 15: 306—309.
3. Kiyosawa, S. 1962. Influence of some environmental factors on the development of pollen in rice plant. Proc. Crop Sci. Soc. Japan 31: 37—40.
4. 近藤頼己 1943. 水稻の冷害現象に関する実験的研究〔第4報〕幼穂期の寡照低温に因る稔実障害に就て. 農及園 18: 710—714.
5. ——— 1943. 同〔第5報〕幼穂期の寡照低温に因る稔実障害の品種間差異. 農及園 18: 809—814.
6. 松島省三・山口俊二・岡部 俊・小松展之 1953. 稲作には何時の日射が大切な. 収量の成立経過特

- に玄米粒大の決定機構, 農及園 28: 1157—1162.
7. ————・———・真中多喜夫・岡部俊 1953. 稲作にはどの程度の日射の強さが必要か—主要時期における日射強度が水稻の収量及び収量構成4要素に及ぼす影響—, 農及園 28: 1387—1392.
 8. ————・———・岡部 俊・小松展之 1954. 水稻収量予察の作物学的研究(予報)Ⅷ. 生育時期別日射制限が水稻の収量並に収量構成要素に及ぼす影響, 日作紀 22: 105—106.
 9. ————・———・真中多喜夫・岡部俊 1954. 同 IX. 主要時期に於ける日射強度が水稻の収量並に収量構成4要素に及ぼす影響, 日作紀 22: 107—108.
 10. ————・角田公正・真中多喜夫 1958. 水稻の登熟に及ぼす生育各期の気温・日射及び気温較差の影響, 農及園 33: 877—883.
 11. 奥野忠一・塩見政衛 1965. 直交表による多因子計画のわりつけ, 農技研報 A 12: 23—75.
 12. ————・芳賀敏郎 1969. 実験計画法, pp 303 培風館.
 13. 酒井寛一 1949. イネの冷害と深水灌漑, 農及園 24: 405—408.
 14. 島崎佳郎・佐竹徹夫・渡辺 潔・伊藤延男 1964. 穂孕期の昼夜温ならびに遮光処理が不稔粒発生におよぼす影響(水稻冷害の解析的研究 IV), 北海道農試彙報 83: 10—16.
 15. ————1969. 稲作冷害防止の技術, 農及園 44: 202—207.
 16. 角田公正・松島省三 1962. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究LXII. 水深を異にした場合の水温の高低が水稻の生育, 収量ならびに収量構成要素に及ぼす影響, 日作紀 31: 19—22.
 17. ————・藤村謙之輔・中堀登示光・小山田善三 1968. 水稻の耐冷性検定方法に関する研究 第1報 短期深水冷水処理法について, 育雑 18: 33—40.

Effect of Some Environmental Factors During Meiosis Stage on the Fertility of Grains in Rice Plant

Sadamu WADA, Yasuhumi KUNIHIRO and Akira HONMA
(Kamikawa Agricultural Experiment Station, Asahikawa, Hokkaido)

Summary

This investigation was carried out to clarify the effect of some environmental factors during the stage of meiosis on the fertility of grain in rice plant. In this study, two levels of each factor, light intensity (normal and 75% shading), daily air temperature (26 and 18°C), daily water temperature (26 and 18°C), air temperature at night (18 and 10°C), water temperature at night (18 and 10°C), depth of water treated (5 and 20 cm), number of days of treatment (6 and 12 days) and varieties (EIKO and TOYOHKARI), were used in a 2⁸ factorial arrangement of treatment fractional to one block as described above, and four growth cabinets were used. The main effects and two-factors interactions were tested by means of single degree of "F" test at P=0.05. The air and water temperatures were changed at 9.00 a.m. and 5.00 p.m. The stage of meiosis in each panicle was estimated by the distance between auricles of the last two leaves and only the plants ranging from -5 cm to +2 cm in distance were used. Ten panicles were sampled in each plot. The results obtained in this investigation are summarized as follows:

(1) According to the results of the variance analysis, the significance were found in all of the main effects and significant interactions were found between light intensity and varieties, and in many cases between the depth of water and the other factors.

(2) The interactions of light intensity with air temperatures in day and night were not significant. This suggests that the damage to the fertility of grains are not increased by shading treatment when the air temperatures during meiosis is low.

(3) Response of the combined environment of low temperature and shading to the fertility of grains varied with the varieties, EIKO being sensitive and TOYOHİKARI insensitive, that is, in EIKO the damage to the fertility of grains is increased by shading treatment at the low temperature condition. There are some studies on this subject in the past, but the results are somewhat different in each studies. The reason of this difference among studies seems to depend mainly upon the characteristics of varieties used in them.

(4) We reconfirmed that the water control in rice culture, especially at the stage of meiosis, is very important for increasing the fertility of grains when cool air temperature.

(5) Main informations obtained in this study for testing the tolerance to cold weather or water of rice plants are:

(a) If air temperature could be controlled, water temperature is negligible.

(b) The relationship between day and night temperature is not clear, so that the temperature may be controlled constant or alternate in the day and night.

(c) The test should be done under the cooler temperature and shading conditions.

(d) When the materials are tested in deep water condition, a 20 cm in depth is recommended and its temperature may be controlled constant or alternate in the day and night.