

耐冷性品種育成方法についての提言

国 広 泰 史* (北海道立上川農業試験場)

はじめに

昆明周辺の稲作は標高2,000m前後のところを中心に行われている。稲作期間の大半が雨季にかり、また標高が高いために稲の生育の重要な時期にしばしば低温が出現し、平年の気象下でも20%~30%の不稔が発生すると言われる。したがって、昆明周辺に適応する品種にとって耐冷性が最も重要な特性である。現在、この地方には相当程度の耐冷性を有した品種が作付けされ稲作安定に貢献している。これからの育種は、これらの耐冷性品種を利用して、耐病性、多収性、良質性等を付加する方向で進められようとしている。

本編では、昆明周辺の気象に対応した耐冷性品種を育成する方法について、今までに得られている知見を参考にして二・三の提案を行う。

1. 昆明周辺の気象特性と冷害の発生様相

昆明の気象は、5月下旬から11月初めまでの雨季と11月中旬から5月中旬までの乾季にはっきり区分される。3月下旬の播種から移植にかけての期間は最低気温は低いものの稲の生育にとって障害となる程の低温ではなく、また最近ではビニール折衷苗代等の普及に伴い、このころの冷害はほとんど問題にならない。雨季と乾季の境である5月下旬から6月の初めにかけては、しばしば低温が出現するが生育の停滞をもたらす程度で大きな被害は発生しない。

日本の稲作北限である北海道の札幌と昆明の気温の経過を比較すると分かるように(図1)、昆明の稲作期間の特徴として、稲の生育にとって最も重要な幼穂形成期から登熟初期にかけての気温が低いことがあげられる。この期間の平均気温は20℃内外であり、稲の生殖生長期間の気温としては限界温度に近い。1950~1977年の28年間に4回の大きな冷害にみまわれている。その時の天気の状態は表1に示すとおりである。4回のうち3回は8月の後半に低温が襲来している。前後の気温経過や稲の生育状況などが不明で被害の様相が明確でなく断定はできないが、出穂遅延に加え出穂、開花期の冷害が推察される。「雲南農業地理」によれば、一般に8月の出穂開花期の際、冷たい空気が侵入して、連続3日、日平均気温18℃以下、最低気温14℃以下になると、あるいは曇りがちの低温の日が続いたとき、出穂が遅延し不稔が増加し、病気にかかり易くなって、減収するとあり、水稻の出穂開花期の冷害を“8月低温冷害”と称している。保護苗代等、栽培法が改善され、出穂、開花期が早まった現在では、8月後半の低温による大きな被害の発生は少なくなったものと思われる。

*特別研究員，北海道立上川農業試験場，〒079 旭川市永山6条18丁目

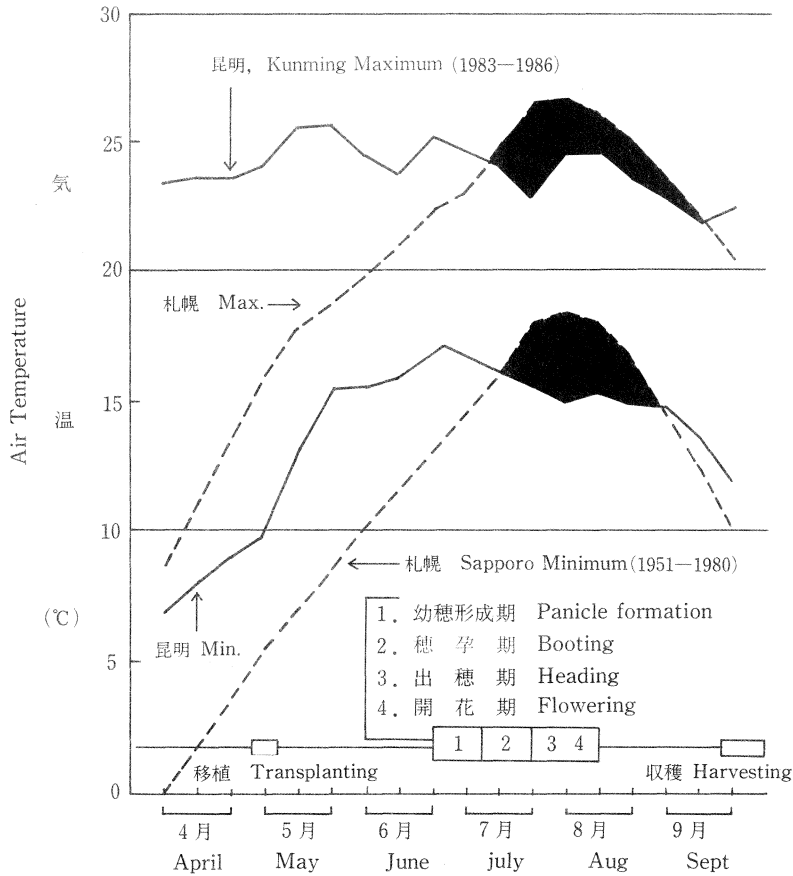


図1 昆明と札幌の稲作期間の気温 —Air temperature during rice growing season at Kunming and Sapporo.

2. 冷害危険期の特定と要求される耐冷性

図1の気温の経過および文献から、昆明周辺の冷害は長期に渡る軽度の低温の持続により出穂および開花が遅れ、これに8月の低温が加わったとき被害が大きいことが推察される。ところで、昆明周辺では平年の気象条件下でも20~30%の不稔が発生すると言われ、私たちもその様子を観察している。この原因はなんだろうか。

1983年および1986年の稔実之状況と出穂前後の気温の関係を図2及び図3に示した。1983年においては、7月以降に出穂したものの稔実の低下が著しい。前後の気温の経過と照合すると、開花期頃の低温に加え穂孕期頃の気温の関与が考えられる。1986年においては7月上旬出穂のもの稔実歩合が低く、これにも穂孕期頃の低温が関係していることが推察される。昆明周辺の7月および8月の平均気温は20℃内外であり、このような軽度の低温の持続がイネの耐冷性素質を低下させ、かつこれに穂孕期頃の一時的な低温と開花期の低温が加わるとき不稔の増加が著しいもの

表1 昆明4大冷害年の天気状況 1950～1977年
 —Weather conditions during the period when cool weather
 damage at Kunging in 1950—1977.
 occurred four times

低温出現年—year	1965年	1971年	1972年	1974年
低温出現月(1)—month	8月	8月	7月	8月
同上低温期間(2)—period of cool weather	18～23日	24～29日	25～28日	24～31日
(1)の月平均気温—mean air temperature of (1)	17.9℃	18.1℃	19.8℃	17.9℃
(2)の日平均気温最低値—mean temp. of coldest days	14.9℃	14.7℃	13.5℃	13.5℃
(2)の17℃以下連続日数—Number of days when the temperature was continuously below 17℃	5日	4日	4日	7日
低温出現期間の天気—weather during cool period	晴 fine	曇, 雨 cloudy, rainy	曇, 雨 cloudy, rainy	曇, 雨 cloudy, rainy

雲南農業地理編写組 (1981)「雲南農業地理」より。

と考えられる。

田中によれば、青森県藤坂での長年のデータの解析から、開花期頃に日平均気温18℃以下の低温が続いたり、16℃以下の日が2～3日続くと、受精障害により不稔が多発するとされている。北海道においても、出穂後10日間の平均最高気温が24℃以下になると、開花障害が発生して不稔が増加することが認められている。1983～1986年の4年間において全て該当する時期があり、栽培品種が異なるとしても、昆明周辺では開花期の受精障害の頻度は相当高いものと考えられる。

したがって、品種の耐冷性は、まず開花期に強いことが必要で、その上穂孕期を含めた幼穂形成から開花期に至る長期の耐性、すなわち汎生殖生長期耐冷性といったものも必要であろう。

3. 雲南耐冷性品種の特徴とその利用

雲南の冷害常習地帯、すなわち標高1,700～1,800m以上の地帯では、すでに述べたような気象条件下で耐冷性が強い品種の作付けがなされている。1983年から1986年までの昆明および冷害試験地双1(標高2,140m)で実施された自然冷温を利用した耐冷性検定において、雲南の高標高地帯栽培品種は相当高度の耐冷性を有していることが確認された。日本品種にも強いものがあり、日本での検定(主として穂孕期を中心に検定されている)で強い品種が強い傾向であった。しかし、雲南品種は年次、検定場所および播種期の移動による検定条件の変更により耐冷性の評価が比較的安定しているのに対し、日本の耐冷性品種は評価の変動が大きくかつ耐冷性の階級が日本での階級より1・2ランク下回る品種が多かった(表2)。日本品種の耐冷性の変動の理由として以下のようなことが考えられる。1)日本品種の耐冷性は主として穂孕期の耐冷性を意味し開花期等の検定が十分に検討されていない、2)早生品種は十分な生育量を確保しないまま幼穂分化～出穂し一種の異常生育となる、3)昆明周辺の気象特徴である日照が不足し軽度の低温が持続するような条件に十分な適応力を有していない。これに対し雲南品種は長い間かかって環境に適応した

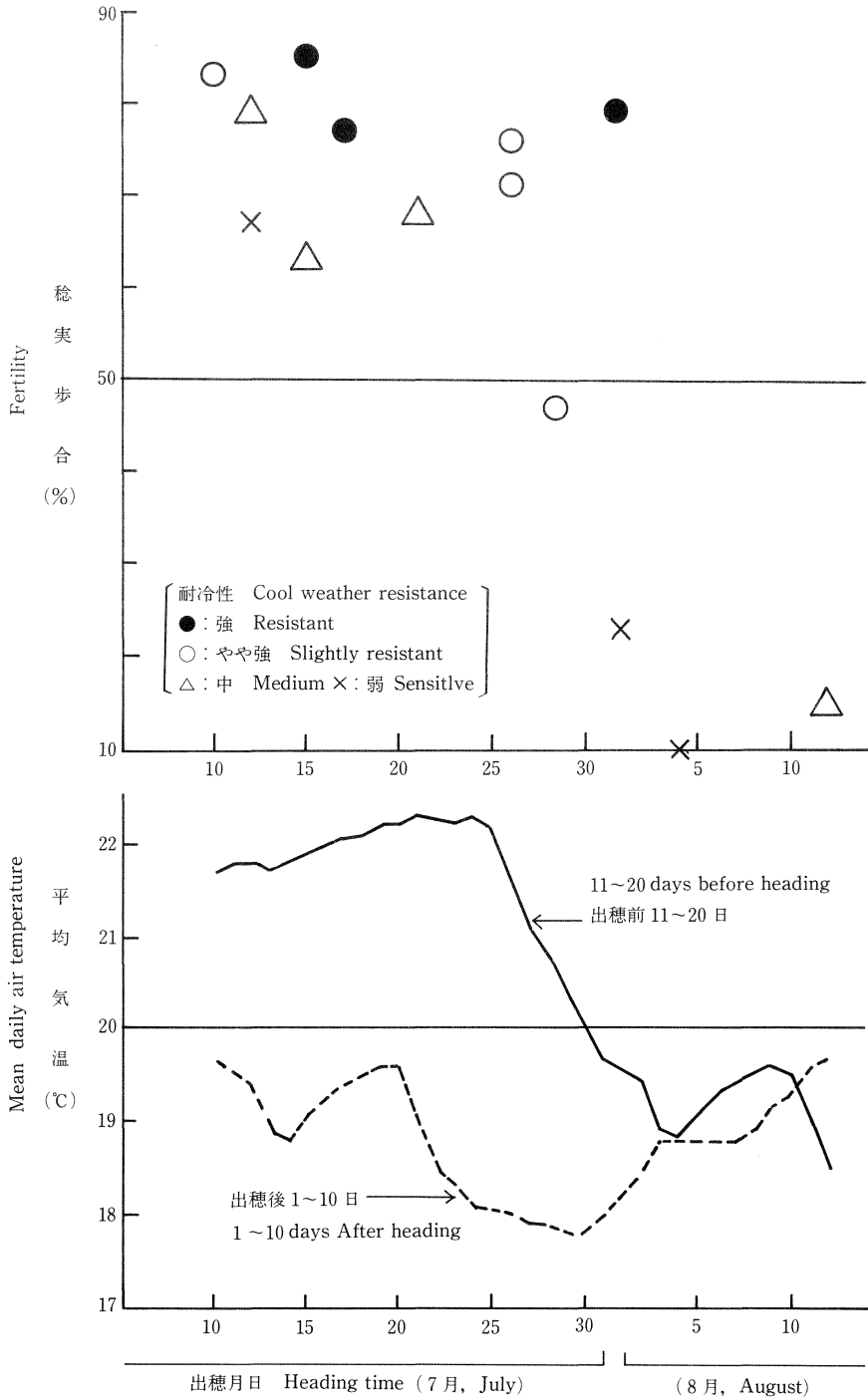


図2 出穂前後の気温と穂実歩合—1983年—
—Relationship between grain fertility and mean daily air temperature before and after heading in 1983.

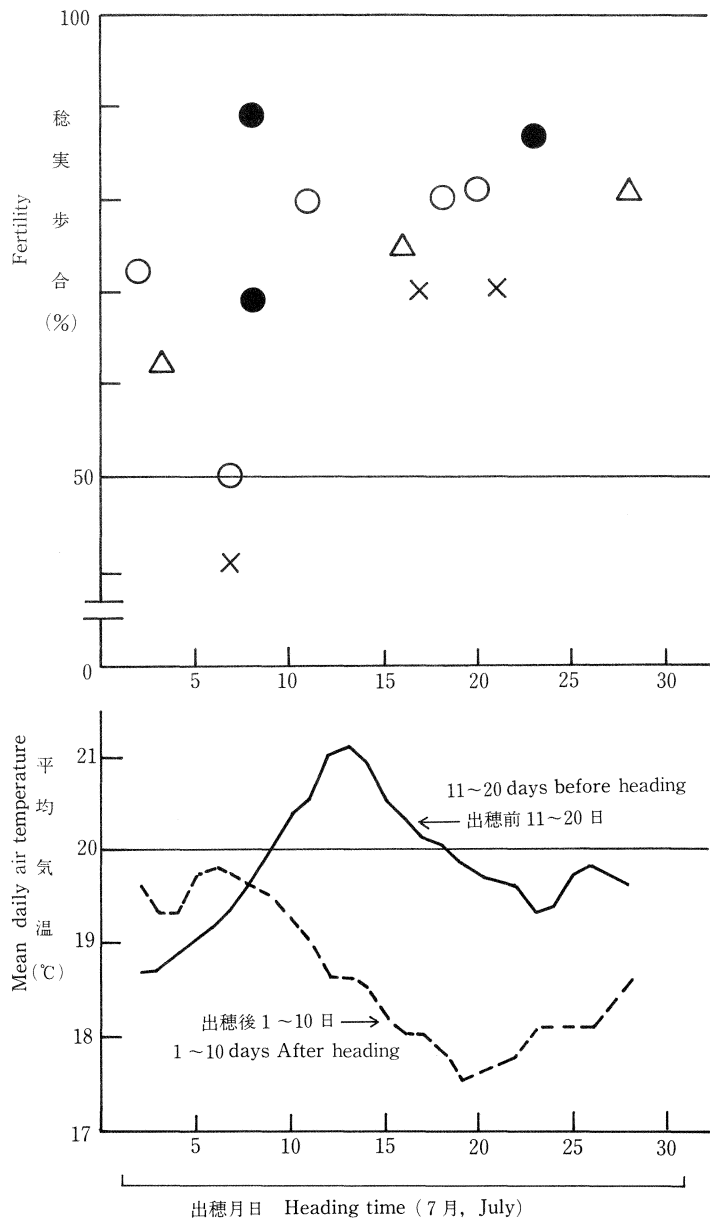


図3 出穂前後の気温と稔実歩合—1986年—
—Relationship between grain fertility
and mean daily air temperature
before and after heading in 1986.

表2 自然冷温利用による耐冷性検定結果—1983~1986年—

Test of cold weather resistance by exposure to natural low temperature in 1983—1986.

品種名	年次		1983		1984		1985		1986			1983 ~1986 平均値*						
	場所 栽培条件	標	昆明	双哨	昆明	双哨	昆明	双哨	昆明	双哨	極晩							
			標	標	標	標	標	標	標	標	標	標						
麗江新団黒谷	1	1	1	1	1	1	0.5	0	1	1	1	1	0	0.8				
昭通麻線谷	2	1	2	1	1	1	1.5	2	2	2.5	1.5	2	1	1.5				
攀農1号	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2.5	2	2	1	3	0	1.8		
雲稷20号	2	1	1	2	2	2	2	2	2	4.5	2.5	2.5	2	1	2	3	5	2.1
昆明217	2	3	2	2	2	2	2	2	1.5	3	3.5	4	2	2	3	3	5	2.4
昆明830	1	2	1	1	2	1	1	1	0.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	3	5	1.4
昆明小白谷	1	1	1	1	2	1	1	1	0	0.5	0.5	1	1	1	1	1	0	0.9
稷掉3号	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	0.5	1	1	1	1	1	2	1.0
ハマアサヒ①	2	2	2	2	2	2	3	2	5	4	5	1	3	3	4	3	3	2.8
藤中母42	2	1	2	1	1	2	1	2	4.5	4	4	5	3	3	3	3	3	2.6
染分	2	2	2	2	1	1	2	2	3	4	4.5	1.5	2	3	2	3	5	2.3
トドロキワセ②	3	2	3	2	2	3	3	2	3.5	3.5	4	1.5	2	3	4	4	5	2.8
オオトリ③	—	—	—	2	1	1	2	1	2.5	2	3.5	2.5	1	2	3	3	5	2.0
Silewah	—	—	—	2	—	—	2	—	0.5	3.5	—	—	1	1	2	5	5	2.1

* 1986年双1の晩植区は平均値の算出から除いた。

** 評価は極強—RR—0, 強—R—1……………中—M—3……………弱—S—5で表示した。

①濱旭, ②轟早生, ③鳳

耐冷性品種が選抜されてきたため安定した耐冷性を示すものと推察される。

したがって、昆明周辺の気象条件に耐えうる耐冷性品種の育成に関しては、雲南品種を基本材料としてこれに日本品種の多収性や良質性を付加する方向での育種が進められるべきであろう。

4. 耐冷性品種の育成方法について

1983年以来、日本と雲南の品種を交配することにより、耐冷・耐病・多収性育種に関する共同研究が進められ、沢山の育種材料が扱われてきている。耐冷性育種においては、雲南耐冷性品種の改良と日中双方の耐冷性遺伝子の集積が主体に進められてきた。その中で今後の育種方法に有益な知見が幾つか得られている。

表3は耐冷性を目標に交配した組合せから育成された系統の耐冷性程度の分布である。この表から、1)雲南の耐冷性強品種と同程度のものあるいはそれを越える系統の出現は極めて少ない、2)耐冷性が強いもの同志の組合せからは比較的強い系統が得られているが耐冷性が弱い日本品種が片親に使われているものは日本品種に近い弱いものが多い、ことが認められる。

図4は、耐冷性が中強~強の日中品種を交配した組合せのF₃集団における個体の結実率の分布である。前世代での選抜の効果が認められ、また両親を超越した個体が出現し、とくに前世代で

表3 耐冷性を目標とする組合せにおける育成系統の耐冷性程度

Distribution of cool weather resistance of lines derived from crosses between varieties With cold resistance

組合せ 番号	組 合 せ	世代	耐冷性程度の分布(系統数)					
			RR	R	MR	M	MS	S
①	藤中母42 / 昆明小白谷	F ₅		3	40	40	2	17
②	ニシホマレ / 雲稷135号	F ₅			10	17	1	10
③	奥羽305号 / 稷掉3号	F ₄			3	10	1	
④	トヨニシキ / "	"			3	8	8	19
⑤	トドロキワセ / "	"		2	5	17	9	9
⑥	ナツホナミ / "	"			8	21	1	2
⑦	" / 晋紅1号	"				3	1	5
比較品種 昆明小白谷			RR	4				
稷掉3号			R		9	1		
雲稷135号			MR			4		
晋紅1号			MR			1	1	
藤中母-42			R					3
他の日本稲			S					4

注) 組合せ①, ②については前年昆明で耐冷性で選抜を加えたもの,

③~⑦は軽い選抜を加えたものの後代である。

②西誉, ④豊錦, ⑤轟早生, ⑥夏穂波

強個体として選抜されたものの中から多く出ている。

これらの結果は、今後の耐冷性育種の問題点と有益な方向を示している。雲南の耐冷性強～極強品種と同程度の日中品種の交配により育成するにはかなりの困難があり、何らかの工夫が必要と思われる。雲南品種の耐冷性が少数の遺伝子に交配されているならば、その交雑後代に同程度の耐冷性を持った系統が現れる確率が高いはずであるが、表3からその可能性は少ないものと考えられる。雲南の耐冷性が強い品種は、厳しい環境下で徐々に有効な遺伝子を集積してきたのではなかろうか。したがって、相当高度な耐冷性品種を目標とする場合には、片親の日本品種も耐冷性が強いものを選び、耐冷性遺伝子の再集積が必要であろう。

昆明周辺における栽培品種の耐冷性は少なくともやや強程度以上が必要である。この程度のものは日中品種交配でも比較的容易に得られると思われる。但し、育種効率の上から片親の日本品種は耐冷性が強い程望ましい。耐冷性中強～強の日中品種交配から両親を超越するものの出現が期待できるので、交配親の選定を工夫することも必要である。耐冷性に関する組合せ能力検定といったことも考える必要があり、今までの沢山の交雑例を調査することにより、何らかの傾向を把握できるのではなかろうか。

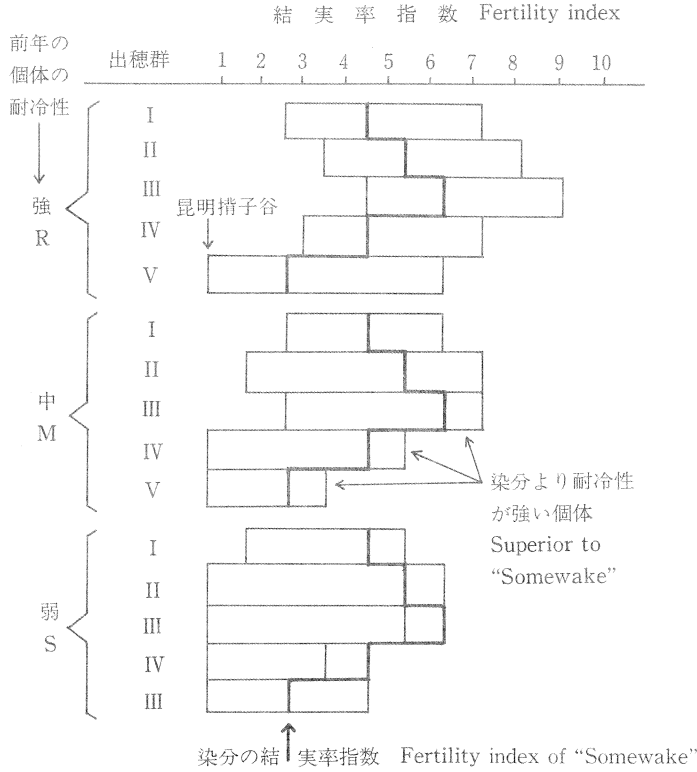


図4 染分/昆明措子谷 F₃集団における団体の結実率の分布
 Distribution of fertility in lines from F₃ derived from bulk crossing between "Somewake" and "Kunming Beizugu".

穂孕期の耐冷性に関して、耐冷性強が弱に対して優性であり、初期世代の遺伝力が高いことが報告されている。図4の結果から昆明周辺での耐冷性についても初期世代での選抜が有効であることが認められるので、集団選抜は極めて有効な育種手段となり得るものと考えられる。本共同研究で利用している双哨冷害試験地は、昆明より常に気温が低く経過し冷害の常習地帯であるので、耐冷性育種材料の集団選抜および検定には格好の場所である。この天然の耐冷性検定施設を有効に利用することが今後の耐冷性品種育成にとって重要な鍵となろう。また、冷害危険期の時期別の検定においては、開花期の耐冷性検定が重要と考えられるので、人工気象箱等を利用したこの時期の検定もあわせて行う必要がある。汎生殖生長期耐冷性という意味では、1987年から試みられている恒温循環灌漑法による検定も有効と思われる。日照不足の昆明では一定の水温を保つことは難しく、処理適温の探索、あるいは加温装置の併用等が必要かもしれない。双哨冷害試験地の有効利用に加えてこれらの検定が行われれば、育種材料の耐冷性強化は格段に効率化できる。

日本では最近、イネの耐冷性を最終的な結果である稔実歩合だけでなく、それを構成する要因別に分解し各要因に関与する耐冷性遺伝子の集積により、一段と耐冷性を高めようとする考え方が発表されている。雲南の高標高地帯に栽培されている耐冷性品種は、様々な耐冷性遺伝子が集積された結果であろうとの推察は前述したとおりであるが、上と同様な要因解析を行うことは、今後の耐冷性育種に有用な示唆を与えてくれるものと考えられる。品種を目指した事業育種に平行して、このような基礎的な解析や遺伝研究がなされることにより、一層の耐冷性の向上が期待される。

引用文献

1. 西山岩男（1984）水稲冷害克服の戦略－生理の立場から－。日本育種学会・日本作物学会北海道談話会報 24別号。
2. 農林水産省北海道統計情報事務所編（1981）北海道の冷害と水稲の作柄判断。
3. 農林水産省熱帯農業研究センター（1985）遺伝資源の利用による水稲の耐冷・耐病・多収性品種の育成に関する研究（I）－雲南省農業科学院との共同研究－。熱帯農研集報 55。
4. 農林水産省農業研究センター編（1987）昭和61年度総合農業試験研究成績・計画概要集－作物生産・夏作物（稲）－I－8－172。
5. 佐々木多喜雄（1984）水稲冷害克服の戦略－育種の立場から－。日本育種学会・日本作物学会北海道談話会報 24別号。
6. 沢田壮兵（1978）水稲障害型冷害における不稔の機作と遺伝に関する研究。帯広畜産大学研究報告 10。
7. 田中稔（1962）水稲の冷水並びに出穂遅延障害に関する研究。青森県農業試験場研究報告 7。
8. 鳥山国土・蓬原雄三（1960）水稲における耐冷性の遺伝と選抜に関する研究 1。耐冷性の遺伝分析。育種学雑誌 10－3。
9. 鳥山国土（1962）水稲品種の耐冷性検定方法並びに耐冷性の遺伝に関する研究・青森県農業試験場研究報告 7。
10. 雲南農業地理編写組編（1981）中国農業地理叢書。雲南農業地理。雲南人民出版社。

討 論

志村英二（農研センター）：汎生殖生長期耐冷性の言葉を用いた理由は。

回答：昆明周辺の気温の経過からみて、生殖生長期間である7月～8月中旬にかけては、稔実障害を発生させる低温がいつ襲来してもおかしくない。そのため稲の耐冷素質を含むオールマイティな耐冷性が必要という意味でこの言葉を用いた。

志村：雲南の気象条件からみて、穂ばらみ期の低温はあまり重要とは考えられない。それはわれわれの耐冷性の研究で、穂ばらみ期は18℃程度で1週間経過させても、50%の不稔を発生させる

ことができないからである。雲南では開花期に重点を置いて研究すべきだと考えるが。

回答：低温発生頻度から考えると開花期の耐冷性がより重要と思われる。しかし、この時期以外にも低温が発生する可能性も大きいので、この時期の耐冷性だけでは不十分であり、穂ばらみ期等も考慮する必要がある。

鳥山国土(全農)：雲南及び日本の品種だけでなく、より広い範囲の耐冷性遺伝資源を母本としたらどうか。

回答：雲南品種に高度耐冷性品種があること、その地域にはその地域適応性の最も高い品種が残ってきたという基本的な考えから、雲南品種を主体に利用している。また日中遺伝資源の利用を主にした研究ということもある。

荒木均(農研センター)：雲南品種の改良点として収量性が強調されたが、インディカが多収特性から、インディカを使った戻交配法を用いたらどうか。

回答：昆明周辺では苗期と登熟期に、インディカは低温による退色がみられるので、今のところ積極的に利用する考えはない。

井上正勝(熱研センター)：標高1500~1800mの低標高地帯の宜良では、インディカを母本にした育種をすすめ、合系13号を育成している。しかし標高の高い昆明に適応するような耐冷性は持っていない。

金沢俊光(青森・藤坂支場)：日本品種は寡照条件下では低温による稔実低下が大きくなると言われているが、雲南の品種には寡照下でも低温による稔実低下が大きくなる品種があるか。

回答：自然条件下では日照条件と低温の影響を分離することが難かしく、またそのような試験も行っていないのでわからない。