

耐冷性からみた水稻の現行技術の問題点と改善対策

秋田県農業試験場栽培部主任専門研究員兼水田作科長 鎌 田 金 英 治

Problems and Techniques for Improvement in Common Rice Cultivation Method Relating to Cool Weather Resistance

Kin-eiji KAMADA

(Akita Agricultural Experiment Station)

1 研究の背景と体制

昭和 45 年に開始された米過剰にともなう第一次生産調整の頃から、農業事情は一連の変化を遂げ機械移植、地力の減退、栽培技術の省略化などが急速に進みつつあった。そして、その頃から世界的規模で異常気象が頻発しており、とくに、東北地方では、予想される冷害に稲作が耐えられるかどうかについて不安を残していた。

また東北地方は機械移植の普及が最も早くしかも多いが、これらは比較的低温に遭遇することなく普及されたこと、米の過剰生産による消費動向の変化により良質米品種への作付が集中化してきたこと、無家畜農家の増大などによる堆肥の無施用・ワラ焼きなどによる地力の減退などが言われてきた。このようなことから、東北の稲作を支えてきた耐冷安定技術の弱体化が憂慮されてきた。そこで、東北地方では、機械移植を中心とした現行技術についての耐冷性について検討しておくとともに、低温に対する当面の応急的な栽培技術を確立しておく必要があるとの見地から、昭和 51 年より 53 年にかけて、東北六県共同の総合助成研究課題としてとり上げ、研究を実施して来た。

この研究は大別して、①地域別冷害危険度の推定、②応急技術の確立に分かれており、ここでは後者について担当した結果についてとりまとめた。応急技術の確立に関する研究は、現行技術の耐冷性評価と改善点、応急技術の組立てに大別されている。

この研究が実施された 3 ケ年のうち、51 年は東北地方ではとくに高冷地などを中心にして著しい冷害を受けている。その後 2 年は比較的高温であったことから、51 年の結果が耐冷性評価に大いに役立てることが出来た。

この研究には東北 6 県の農業試験場が、支場、分場の組織を挙げて参加しており、その他に 22 ケ所に現地試験を設置し、合計 35 ケ所で実施された。また実施場所の立地条件は、標高 10 m 程度から 750 m の地点までを包含しており、東北地方の稲作地帯のほぼ全域をカバーする体制で実施された。

また、この研究と同時に、東北農業試験場において「異常気象対応技術の確立に関する総合研究」を開始しており、それらと共調しながら推進され、多くの指導、助言を賜った。ここに記して謝意を表す次第である。

この研究は東北 6 県共同で実施したものであるが、主査を務めた秋田県が、その結果の概要につい

てとりまとめたので報告する。

2 東北地方の立地条件からみた地帯区分

今回実施された試験地の場所を図-1に示した。この位置を緯度、標高で示すと図-2に示すようになる。東北地方は北緯 37° から $41^{\circ}30'$ にわたっており、稲の作付されている標高は、 -3 m から約 800 m におよんでいる。気温の遞減率を

標高 100 m につき 0.7°C 、緯度 1° で 0.8°C とした等温線で区分すると、大きくはA, B, Cの3地区に区分される。この中でAは5~9月の月平均気温(農業気象10年報10ヶ年平均値より)が 20°C 以上の地帯で、これには青森県を除く東北地方の平坦地が入っており、Bは同じく月平均気温で $19\sim 20^{\circ}\text{C}$ で、これには青森県の全地域、秋田・岩手の 100 m 、山形・宮城の 250 m 、福島県の 350 m 以上の地域が入り、準高冷地と云われる地帯である。

Cは月平均気温で $18\sim 19^{\circ}\text{C}$ 程度であり、青森県の 150 m 以上、岩手・秋田の $250\sim 300\text{ m}$ 、山形・宮城の 400 m 、福島県の 550 m 以上で、東北各県の高冷地がこれに区分され、冷害の常襲地帯となっている。Aはさらに東北南部の平坦地A'に区分される。冷害の程度も、ほぼこの区分に添って発現しており、技術対策も夫々の地帯によって異なる。



図-1 試験実施場所

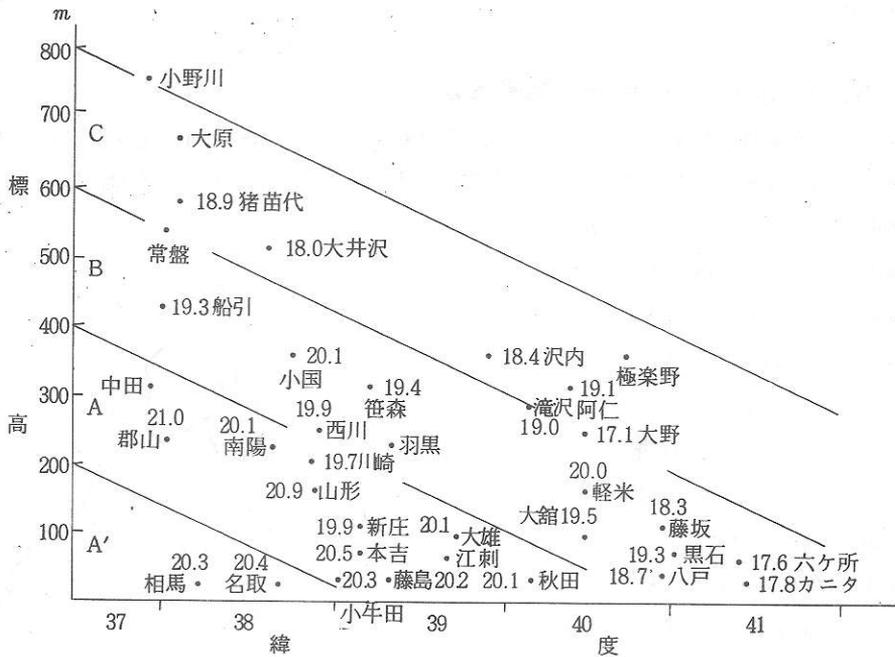


図-2 試験実施場所と稲作期間(5~9月)の平均気温
(区分線は標高100mで0.7, 緯度1°北進で0.8℃の気温低下するものとして)

3 現行技術の耐冷性評価

東北地方における機械移植栽培は, 昭和45年頃から始まり, 宮城, 山形県など, 南東北でまず普及され, 秋田, 岩手県が, これより1年おくれの形で, さらに青森県は1年おくれで推移している。その普及速度は他地域に比べて最も早く, しかも多い。この機械移植栽培を中心にして, 現行の技術要因についての問題点を, 耐冷性を中心にして検討した。各項目と分担を表-1に示した。

表-1 技術要因の項目別分担

項 目	分 担 (県)
品 種	青森 宮城 秋田
育苗, 苗素質	青森 岩手 山形
作 期	秋田 福島
施肥, 土壌管理	岩手 宮城 山形
水 管 理	青森 山形 福島
いもち病	宮城

(1) 品 種

東北地方では昭和 44 ~ 46 年頃に大幅な品種の交替の時期があり、良質化、晩生化の方向を強くしており、53 年頃からその傾向がさらに拡大されている。従来から、東北地方は、早生耐冷性品種を基幹にした技術体系であり、これが中晩生、良質米品種に代ったことによる耐冷性の検討を実施した。

低温活着性、低温登熟性についての検討結果は表-2 に示す通りである。これによるとトヨニシキ、アキヒカリ、フジミノリ、ササニシキ等の東北の代表的な品種は、藤坂 5 号を基準としてみる限り、低温活着性については“やゝ劣る”と判定されており、最近の新品種は必ずしも耐冷性がまさるとは云い得ない事がわかり、育苗技術、移植時期等による技術補充の必要がある。しかし、低温登熟性についての結果からみると、トヨニシキ、キヨニシキ等は、低温下における登熟進度が早く、ササニシキは遅いとされ、穂相の二次枝梗粒数比率の高い品種で、登熟力の劣る事が示されている。なお、トヨニシキは低温による出穂遅延は大きいのが、登熟力が高いことから、相対的に低温抵抗性の高い事が多く指摘されている。やまてにしきについても同様に登熟力が高い事が明らかにされている。

表-2 東北地方の主要品種と低温抵抗性 (青森農試による)

区 分	品 種 名	
I 低温活着性(総発根長による)		
1. やゝ優る	シモキタ	
2. 並	藤坂 5 号, レイメイ	
3. やゝ劣る	フジミノリ, アキヒカリ, 農林 1 号, トヨニシキ, ササニシキ	
注	成苗で勝るが、中稚苗で劣る …… 陸羽 132 号 中苗で勝るが、成稚苗で劣る …… キヨニシキ 評定が一定しない …………… ムツホナミ	
II 低温登熟性		
出穂後の積算気温 と登熟進度	I	キヨニシキ, トヨニシキ
	II	藤坂 5 号, レイメイ, フジミノリ, アキヒカリ
	III	農林 1 号, 陸羽 132 号
	IV	ササニシキ
移植日からの積算 気温と登熟進度	I	藤坂 5 号, レイメイ, フジミノリ, アキヒカリ
	II	キヨニシキ, トヨニシキ
	III	農林 1 号, 陸羽 132 号
	IV	ササニシキ

しかし51年には高冷地を中心に著しい冷害を受けており、その際の被害は、品種の栽培適地限界を越えた事によることが多くの場所で指摘を受けた。その時の東北各県の標高別の栽培限界品種について示すと図-3に示す通りになる。図-1と同様の地域区分線によると、C地域には耐冷性極強の早生～極早生(ヨネシロ、シモキタ、シンセツ等)の導入を必要としているし、B地域には夫々の県の耐冷性強の早生種(アキヒカリ、やまてにしき、フジミノリ等)であり、A地域は中晩生(ササニシキ、トヨニシキ、キヨニシキ等)であり、A'は晩生種(農林21号、セキミノリ等)で可能な事を示しており、立地条件に合った品種選択の重要な事を示している。

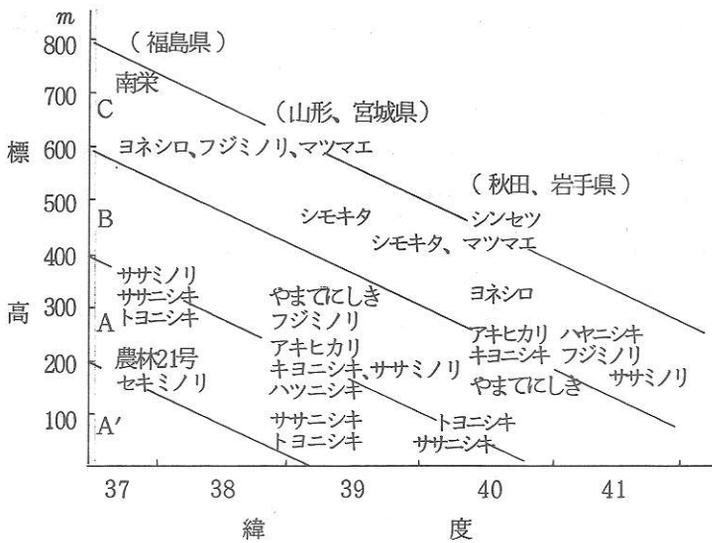


図-3 機械移植(中苗)の標高別作付限界(昭和51年の結果より)

(2) 育苗, 苗素質

機械移植栽培が冷害に遭遭することなく普及された事による危惧、稚苗は冷害に弱い等の評価がなされ、51年の冷害時にも同様な指摘が多かった。青森、岩手農試の結果から、中、稚苗は従来の成苗に劣るが、紙筒苗、うす播(50g/箱)の条播、ポリ筒苗等は成苗以上の低温抵抗性を持っている事が明らかにされた(表-3)。

表-3 苗の種類と低温抵抗性

場所	順序
青森	紙筒苗≧試作条播>成苗>中苗散播苗≧(共立)条播苗>稚苗
岩手	ポリ筒苗≧紙筒苗≧成苗≧(共立)条播苗≧中苗>稚苗

注) 試作条播苗, 50g/箱の播種量

一般にB地域においては、高温年を除いては稚苗の生育、収量は不安定であり、中苗は、ほぼ成苗に近いが、以上の成果が得られているが、さらに安定性を増すためには、うす播等による健苗育成が必要である。低温下で、活着性の高い苗の条件としては苗の乾物重、葉令、窒素濃度が夫々高い事が必要であり、これらは、うす播、育苗日数の増加によって得られる。

機械移植では成苗に比べて早植であり、それだけ低温に遭遇する機会も多い。したがって低水温での活着力を高める事は、育苗、本田管理にも有意義である。活着の指標として移植 10、20 日後とも青葉数が 3 葉以上で乾物重が急増することから、移植後の青葉数が 3 葉で、しかも地上部乾物増加量が稚苗で 12g/本、中苗で 25g を活着良否を判断する際の並程度とみなして、これを実用的な活着温度(水温)限界とみなした。これらから求めた活着温度(移植 10 日間の平均水温)は稚苗で 16℃中苗で 15.5℃とみられ、中苗の低温活着力がやゝ高い事が明らかにされたが、苗質で大きく変動しその幅は稚苗は 15.0～17.5℃、中苗は 14.0～18.0℃となり、中苗での変動幅が大きい。

(3) 作 期

機械移植では共同育苗施設を利用する場合が多く、施設の運営上は、育苗回転数を多くする事により、投資効率を高め得られる。一方稲の移植期の幅は 5 月始めから、ほぼ 5 月末にかけてであるが、移植の晩限は、その場所の気象条件、品種、苗の種類によって決まる。したがってその地帯の作期の設定についてはこれらの条件について十分考慮する必要がある、とくに気温の低い、移植適期幅の狭い高冷地において重要である。

阿武隈山間地帯では、苗の種類、品種をとわず 10 日の移植期のおくれは、出穂期で 8 日程度のおくれを示し、晩植になるにつれて出穂変動が大きい。標高と安全出穂晩限との間に $y = 0.024x + 31.7$ ($r = 0.84$) $n = 38$, $x =$ 標高, $y =$ 出穂日, 8 月 1 日起算を得ており、更に安全出穂期間との間に $y = -0.06x + 40.9$ ($r = -0.92$) を得ており、650m 以上の標高では安全出穂期間が 0 になる事を示している。

また早植についても、消雪のおくれ等による作業的に、また気・水温不足により早限が限定されることから、移植の適期幅は非常に狭い。

阿武隈山間地帯における検討結果によると実用的な収量限界を 40 kg とした場合の晩植限界を、標高 500 m 地点でみると、フジミノリ(極早生)の稚苗で 6 月 5 日以前、ササミノリ(早生)の中苗では 6 月 5 日、トヨニシキ(中生)は 5 月 20 日となっており、同一標高でも、品種、苗の組合せで約

収量に対する品種の効果(苗の種類をこみにして)

標 高	5 月 20 日 植			6 月 5 日 植			6 月 15 日 植		
	フジミノリ	ササミノリ	トヨニシキ	フジミノリ	ササミノリ	トヨニシキ	フジミノリ	ササミノリ	トヨニシキ
200 m	●●(○)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(○)(●)	●(○)(○)	●(○)(○)
300 m	●○(○)	●(●)(●)	●(●)(●)	○(○)(○)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(○)(○)	●(●)(x)	●(○)(x)
400 m	●●(○)	●(●)(○)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(x)	●(●)(x)	●(○)(x)	●(○)(x)	●(○)(x)
500 m	●(●)(○)	●(●)(x)	●(○)(x)	●(●)(x)	●(x)(x)	●(x)(x)	○(x)(x)	○(x)(x)	○(x)(x)

収量に対する苗種の効果（品種をこみにして）

標高	5月20日植			6月5日植			6月15日植		
	稚苗	中苗	成苗	稚苗	中苗	成苗	稚苗	中苗	成苗
200m	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(●)(●)	●(○)(○)	●(○)(○)	●(○)(○)
300m	●(●)(●)	●(●)(○)	●(●)(○)	●(●)(○)	○(○)(●)	●(●)(●)	●(○)(×)	●(○)(×)	●(○)(×)
400m	●(●)(○)	●(●)(○)	●(●)(○)	●(●)(×)	●(●)(×)	●(●)(○)	○(×)(×)	●(○)(×)	●(●)(×)
500m	●(○)(×)	●(○)(×)	●(●)(○)	●(×)(×)	●(×)(×)	●(×)(×)	×(×)(×)	○(×)(×)	○(×)(×)

注) ● : 50kg / a以上 ○ : 40kg / a以上 × : 40kg / a以下
 () は昭和52年 [] は昭和51年

図-4 標高別作期と玄米収量（福島・阿武隈山間）

2週間の作期幅が得られている。同様の結果が会津山間においても得られており、標高530m地帯では8月20日、650m、750m地帯では8月15日以降の出穂で収量が急激に減少して来る事が明らかにされた。そして750m地帯では、収量の年次変動が大きいのが、極早生（渡育210号、ふ系111号）品種を導入する事により安定することを認めている。

また秋田県の阿仁（標高350m）においては、早生のアキヒカリでは5月20日植でも、十分な安定さに欠けるほどで、適期移植の幅は極めて狭いが、こゝでも極早生品種（シモキタ、ふ系111号等）の導入により、中苗で5月末まで移植適期幅を拡大する事が可能である事が知られた（図-5）。しかし平坦地の秋田では、早

生で6月5日頃、中晩生では5月25日頃まで安全出穂期内にあり、移植適期幅が大きい事がわかる。

(4) 施肥、土壌管理

農業における工業化、化学化の急展開は地力軽視、浅耕などの一般化として現われ、技術省略化の代名詞のように言われて来た。地力に対する評価はかなり幅広く解釈されている向きもあるが、こゝでは一般的に云われている堆肥、土壌改良

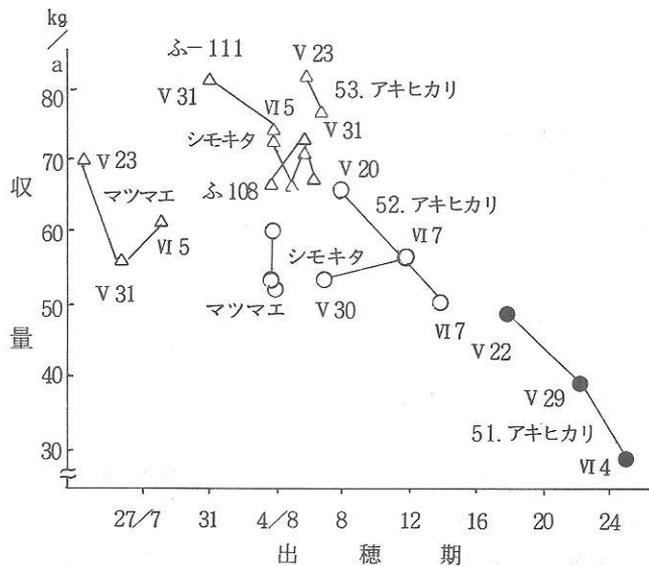


図-5 阿仁（350m）における作期と収量（秋田）
 ● 51, ○ 52, △ 53, 数字は移植時期を示す

資材の結果について検討して来た。高冷地の腐植質黒ボク土壌での結果を表-4に示す。こゝでは総合改善として10アール当り完熟堆肥1.2t、ようりん30kg、珪カル150kgを施用したものと、

表-4 堆肥+土壤改良資材の効果 (岩手52年)

要因	水準	稈長 (cm)	m ² 当穂数 (本/m ²)	玄米重 (kg/a)	m ² 当穎花数 (×10 ³)	登熟歩合 (%)	穂イモチ罹病率 (%)	紋枯病罹病率 (%)
A肥沃度	総合改善	78.5	414	68.7*	28.6*	89.3*	4.3	8.1*
	慣行	77.9	424	63.8	31.6	87.3	6.7	14.8

品 種 ハヤニシキ, 中苗, 5月26日植 標高 350m (極楽野)
 総合改善 完熟堆肥1.2t+ようりん+ケイカル
 慣 行 未熟堆肥1.2t

慣行として未熟堆肥1.2tのみの比較である。完熟堆肥+土壤改良資材による総合改善区が52, 53年ともに6~8%の効果を示しており、登熟歩合においても向上の傾向がみられる。完熟堆肥についての効果は、その分解生成物である腐植酸に極めて類似の行動を示すことが明らかにされていることから、根の活力を高め、これらが成熟期の稲体を健全にし、登熟を高めていると解されているが、土壤改良資材を併用する事によって、りん酸の有効化がより高まり、低温下における初期生育の確保に働いている。これらの効果は特に高冷地において共通的にみられている。一方未熟堆肥、ワラ施用は、初期の窒素のとり込みによる生育抑制と、生育後期の窒素放出による登熟低下を来しやすく、低温年、高冷地ほど劣る傾向があり、堆肥の質についての吟味が必要である。

次に、浅耕と深耕の場合について検討結果についてみる。まず、地・水温についての効果は図-6に示すように、適度の透水のある条件下においては、耕土の深い事が、地温上昇に有利である事が示されている。しかし、かけ流し条件下においては普通水温の場合には、生育に大差はないが、低水温の場合には、収量低下の例もみられた。これは、耕深を大きくすることによる土壤養分の供給不足による事が明らかにされ、密植と、初期の追肥を組合せて実施することによって、低水温下において

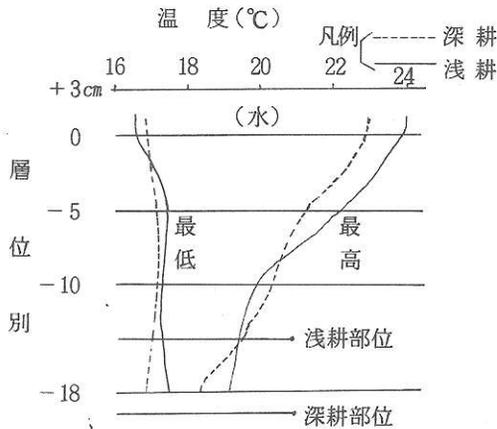


図-6 最高・最低水地温の層位別分布 (秋田大館) (昭. 51. 平均値)

も効果の高まることが明らかにされた。

機械移植では、元肥主体の施肥から、追肥主体の施肥に代り、特に移植後7～10日に活着期追肥を行うのが一つの施肥体系となっている。施肥量・追肥時期などは、品種により、場所によって夫々対応しなければならぬものであるが、低温が想定される場合には、生育を早期に確保する必要があるから、早期追肥は必須技術とされている。ササニシキでの例では、田植直後に深さ10cmまでの乾土100g当り4g以上のNH₄-Nがあれば、積算有効温度示数(羽生氏の有効温度)200℃ぐらまでは草丈、茎数および乾物重には差がない事から、この窒素濃度が、活着期追肥の要否の目安となる。

(5) 水管理

水管理の良し悪しが冷害に大きく関与する事は、その都度言われて来ているし、51年冷害でも、高冷地帯の冷水かけ流しかんがいで、被害が助長されている例が多く指摘された。機械移植が普及してから変った水管理に、移植直後に落水状態にしておくことがある。これは植付後に深水すると、風や波によって浮苗になりやすいためにとっている方法であるが、この問題についての検討結果、低温時には、著るしく発根が悪く、活着が阻害されて、枯死株も出る事が明らかにされた(表-5)。

表-5 移植直後の水管理と10日後の生育状況(田植時剪根) (青森)(53年)

項目 区	草 丈 (cm)	葉 令	根 数 (本)	平均 根長 (cm)	総新根長 (平均根長×根数) (cm)	左比	乾物重(100個体)		落水10日間の平均		
							地上部 (g)	地下部 (g)	水温 (℃)	地温 (3cm) (℃)	気温 (℃)
湛水区	18.1	4.0	13.1	6.6	86.5	100	5.43	1.35	18.9	17.8	14.9
放水区	16.0	3.7	12.3	5.1	62.7	72.6	5.39	1.31	18.3	16.6	
落水区	15.3	3.4	8.2	2.9	23.8	27.5	4.89	0.64	17.4	16.3	

また移植初期の水深については、低温時には深水が有利であるが、地温を上昇させるためには、相対的に深水の方が不利の場合が多いので、晴天時には浅水とし、地温上昇につとめる事が大切である。

幼穂形成期以降の水管理としても、水温が気温より高い場合、とくに穂ばらみ期を中心とした時期を低温から保護するには、湛水(深水)にした方が良いが、水温が気温より低い場合には、落水状態にした方が有利になる。これらは、とくに高冷地の冷水地帯で問題になる点であり、地・水温に対する考慮を十分行った上での水管理が重要である。

次に、機械収穫の普及につれて、機械の走行を容易にするため、出穂後間もなく落水状態にすることが各地で問題になっており、品質の低下を招いている。これらは、排水不良の湿田土壌で特に多い。この対策として、生育中期の中干しを強度(約30日程度)に実施することによって、出穂後は収穫の10日前まで、かん水しておいても、十分機械走行の出来る地耐力が得られ、収量、品質とも向上する事が明らかにされた(表-6)。

表一六 田植直後および生育中期の水管理と生育収量（青森）（53年） (kg/a)

土壤条件	項目区	出穂期	全重	わら重	精糲重	糲重	精玄米重	屑米重	千粒重(g)	収量比	検査等級
乾田	湛水区	7月31日	178.6	83.3	88.4	0.9	65.7	5.1	23.0	100.0	2上～中
	放水区	31	168.0	77.3	82.8	1.2	60.0	6.2	22.7	91.5	2上～中
	落水区	8 2	174.1	80.3	84.3	1.6	60.5	6.8	22.9	92.1	2上～中
湿田	対象区	8 3	142.6	63.0	70.5	2.1	51.8	3.9	22.2	100.0	2中～2下
	落水区	4	148.9	69.1	71.4	2.3	54.4	2.4	23.4	105.0	1下～2上

注) 精玄米重：粒厚 1.9 ミリ以上の玄米・水分 15%換算

注) 乾田	I	湛水区	全期間湛水	9月7日	農試南部ほ場
	II	田植直後放水区	田植後10日間湿潤状態	落水	
	III	田植直後落水区	田植後10日間落水		
湿田	I	対象区	7月16日～26日まで落水	8月18日落水	農試第一ほ場
	II	落水区	6月26～7月26日まで落水		

(6) いもち病

東北の冷害は、北の方は低温による直接被害が減収につながるが、南の方では、いもち病の多発生によって減収になる場合が多く、いもち混発型などと呼ばれている。したがって、いもちの発生予想防除時期の決定は極めて重要である。機械移植における葉いもちの発生についての検討結果、初発生は、機械移植に代ってから約2半旬程度早く発生するようになり、第1次の発生源は、補植用の取置苗による事が明らかとなった。これが原因で、6月末から7月上旬にかけて広域の発生がみられる。したがって防除時期も、この発生に合せて実施する必要がある。従来の慣行防除は、これに比べると、遅い傾向があり、また航空防除のみに頼ることなく、やゝ早めの7月1半旬頃に、茎葉散布剤による防除を開始する必要のある事を認めた。

4 応急技術の総合組立

冷害は稲の生育中、どの時期に、どの程度の温度かによって、対応を異にするが、これを予想する事は極めて困難であることから、単一技術のみで対応する事はむづかしく、全生育期間にわたり、総合的に対応出来る態勢を整えておく事が必要であり、総合的な技術組立の必要性もそこにある。

この研究では、とりあえず、これまで個別の研究でも、ほぼ、冷害に対して効果が認められる技術を総合的に組立てて、冷害への応急対策としようとしたものである。

ここで組立てた技術の内容は、場所、地域などによって異なるが、原則的には、基準とする苗を中苗とし(A'地帯は稚苗でも可)、これによる総合改善区を設け、この改善区の中に、従来の成苗(畑ま

たは保折苗)を入れ、機械移植苗に対比出来るようにする。さらに組込まれた技術のそれぞれの効果が判定出来るようにすること等を共通の条件として設定された。この試験地は23ヶ所で、3ヶ年にわたり継続設置された。とくに51年の冷害時には、当初から、対策技術として組込まれた設計内容で、被害解析が出来た意義は大きかったと理解されている。その結果についてのすべてについて記載する事は困難であるが、ここに各地における総合改善区、慣行区、成苗での改善区のみについて、23ヶ所、3ヶ年の結果と、それに投入した技術を一覧表として表-7に示した。

表-7 応急技術の組立てと効果

県	場年 所次	総合改善区		慣行 収量	改善 効果	成苗 収量	改善 成苗	投入技術の内容
		出穂期	収量					
青	蟹 51	月日 8.15	kg 59.1	kg 57.7	102	-	-	シモキタ, 改良資材, アトニック+アビオン, ハウス散播, 中苗, 5.15植
	52	8.13	50.2	50.0	100	64.3	78	シモキタ, 改良資材, アトニック, ハウス散播, 中苗, 5.20植
	田 53	8.5	58.8	57.9	102	59.1	99	シモキタ, 改良資材, アビオン, ハウス散播, 中苗, 5.22植
	八 51	8.9	56.0	51.3	109	-	-	シモキタ, 改良資材, アビオン, ハウス条播, 中苗, 5.14植
	52	8.14	59.7	60.5	99	59.3	101	シモキタ, 改良資材, 堆肥1t, アトニック, ハウス散播, 中苗, 5.14植
	戸 53	7.31	63.3	57.0	111	55.6	114	ふ系113号, 堆肥, アビオン, ハウス条播中苗, 5.13植
	六 51	8.21	47.1	48.8	97	-	-	シモキタ, 改良資材, 稲ワラ, アトニック, ハウス散播, 中苗, 5.15植
	ケ 52	8.24	38.5	44.7	86	43.4	89	シモキタ, 改良資材, 稲ワラ, アトニック, ハウス散播, 中苗, 5.18植
	所 53	8.4	66.9	66.9	100	67.1	100	シモキタ, 改良資材, ハウス散播, 中苗, 5.17植
森	黒 51	8.9	62.1	64.2	97	61.7	101	レイメイ, 改良資材, 堆肥, アビオン, ハウス散播, 中苗, 5.15植
	52	8.5	62.0	58.5	106	63.5	98	レイメイ, 改良資材, 堆肥, ハウス散播, 中苗, 5.16植
	石 53	8.2	63.2	63.0	100	57.9	109	レイメイ, 改良資材, 堆肥, ハウス散播, 中苗, 5.17植
	藤 51	8.12	66.3	64.5	103	68.0	98	アキヒカリ, 改良資材, アトニック+アビオン, 中苗, 5.10植
	52	8.7	63.3	60.7	104	64.8	98	アキヒカリ, 改良資材
	坂 53	7.30	70.9	67.1	106	-	-	アキヒカリ, 施肥量増加穂肥, 中苗, 5.15植

県	場年 所次	総合改善区		慣行 収量	改善 効果	成苗 収量	改善 成苗	投入技術の内容
		出穂期	収量					
岩	滝 51	月日 8.16	kg 51.7	kg 52.4	99	54.0	96	ハヤニシキ, 耕深, 密植, 堆肥, 中苗, 5.22 植
	52	8. 5	67.4	62.7	107	69.2	97	ハヤニシキ, 耕深, 密植, 堆肥, 中苗, 5.20 植
	沢 53	7.31	70.7	55.7	127	67.3	104	ハヤニシキ, 耕深, 密植, 堆肥, 稚苗, り んさん多, 5.13 植
	極 51	8.19	36.9	5.1	723	37.1	99	ハヤニシキ, 豚厩肥 2 t, 中苗, 5.22 植
	楽 52	8.10	68.0	66.5	102	67.8	100	ハヤニシキ, 中熟堆肥, 改良資材, りんさ ん多, 中苗, 5.18 植
	野 53	8. 6	71.0	69.9	102	68.9	103	ハヤニシキ, 施肥量増, 疎植, ケイカル施 用, 稚苗, 5.15 植
	軽 51	8.14	36.2	40.4	90	41.8	87	ハヤニシキ, 改良資材, 健苗, 密植, 中苗 5.21 植
	52	8. 5	52.6	43.2	122	55.5	95	ハヤニシキ, 改良資材, 密植, 中苗, 健苗 5.21 植
	米 53	7.28	65.7	60.3	109	-	-	ハヤニシキ, 改良資材, 密植, 堆肥, 中苗 5.20 植
手	大 51	8.20	37.4	32.9	114	36.1	104	フジミノリ, 中苗, 密植, 堆肥, 5.15 植
	52	8. 9	54.6	44.5	123	47.8	114	ハヤニシキ, 中苗, 堆肥, 改良資材, 小基 肥, 追肥
	野 53	7.29	64.3	54.1	119	-	-	ハヤニシキ, 中苗, 改良資材, 5.20 植
江	51	8.15	64.1	54.7	117	57.9	111	トヨニシキ, 耕深, 堆肥, 密植, 稚苗, 5.11 植
	52	8. 7	67.1	61.1	110	62.1	108	トヨニシキ, 耕深, 堆肥, 密植, 稚苗, 5.11 植
	刺 53	8. 4	66.3	67.9	98	-	-	ササニシキ, 耕深, 全層施肥, 密植, 稚苗 5.9 植
宮	本 51	8.18	58.3	63.3	92	52.6	111	アキヒカリ, 密植, 堆肥, 改良資材, 深耕 稚苗, 5.10 植
	52		66.8	56.2	119	51.1	131	アキヒカリ, 密植, 堆肥, 改良資材, 深耕 稚苗, 健苗, 5.7 植
	吉 53	7.29	67.0	58.0	116	56.4	119	アキヒカリ, 堆肥, 改良資材, 減分期追肥 5.8 植
城	川 51	8. 8	43.5	41.7	128	46.7	93	アキヒカリ, 堆肥, 健苗, 改良資材, 稚苗 5.11 植
	52	8. 7	44.8	48.3	93	45.5	98	アキヒカリ, 健苗, 密植, 改良資材, 堆肥 水管理, 稚苗, 5.12 植
	崎 53	7.25	62.8	56.5	111	53.9	117	アキヒカリ, 密植, 堆肥, りんさん, 実肥 稚苗, 5.13 植
	小 51	8.12	54.3	57.8	94	52.2	104	ササニシキ, 密植, 堆肥, 改良資材, 健苗 稚苗, 5.9 植
牛 52	8. 7	60.0	56.3	107	58.8	102	トヨニシキ, 密植, りんさん増, 耐病性品 種, 深耕, 稚苗, 5.10 植	
田 53	8. 1	64.3	65.0	99	64.0	100	ササニシキ, 組合せ暗渠, 実肥, いもち予 防, 改良資材, 稚苗, 5.10 植	

県	場年 所次	総合改善区		慣行 収量	改善 効果	成苗 収量	改善 成苗	投入技術の内容
		出穂期	収量					
秋	阿 51	8.16	52.0	37.8	138	58.0	90	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 改良資材, パイプライン, 中苗, 5.23 植
	52	8. 8	56.3	56.5	100	56.4	100	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 改良資材, パイプライン, 中苗, 5.20 植
	仁 53	8. 5	81.7	80.8	105	72.9	112	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 改良資材, パイプライン, 中苗, 5.22 植
	大 51	8. 8	73.6	75.8	97	68.6	102	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 改良資材, 中苗, 5.21 植
	52	8. 7	58.0	71.7	81	67.0	87	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 改良資材, 中苗, 5.21 植
	館 53	8. 1	74.9	66.4	115	64.3	116	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 改良資材, 中苗, 5.20 植
田	秋 51	8.13	79.2	54.3	146	60.7	130	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 健苗, 改良資材, 中苗, 5.18 植
	52	7.31	62.7	69.5	90	65.3	96	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 健苗, 改良資材, 中苗, 5.13 植
	田 53	7.28	58.4	67.9	86	61.6	95	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 健苗, 改良資材, 中苗, 5.16 植
	大 51	8.26	58.5	56.5	104	53.8	109	トヨニシキ, 耕深, 堆肥, 密植, 健苗, 中苗, 5.21 植
	52	8. 8	61.6	68.0	91	67.6	91	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 健苗, 中苗, 5.19 植
	雄 53	7.28	76.5	64.1	119	69.1	111	アキヒカリ, 耕深, 堆肥, 密植, 健苗, 中苗, 5.17 植
山	新 51	8.17	62.6	58.0	107	61.0	103	キヨニシキ, 堆肥, やゝ多肥, ワラ施用, 中苗, 5.20 植
	52	8. 9	62.3	58.8	106	58.6	106	キヨニシキ, ワラ+石灰N, ヨーリン, 追肥, 中苗, 5.16 植
	庄 53	8. 3	63.5	57.8	110	73.4	86	キヨニシキ, ワラ施用, 標肥, 中苗, 5.19 植
	最 51	8.15	49.9	49.5	101	57.4	87	キヨニシキ, ワラ施用, やゝ多肥, 中苗, 5.20 植
	52	-	60.6	56.8	107	-	-	やまてにしき, 改良資材, 基肥重点, 中苗 5.21 植
	上 53	7.30	68.4	58.9	113	-	-	ハヤニシキ, 少基肥, 追肥, 稚苗, 5.15 植
形	南 51	8.13	69.0	65.0	106	69.4	99	キヨニシキ, 堆肥, 改良資材, 中苗 5.20 植
	52	8. 3	78.2	67.4	116	71.5	109	やまてにしき, 多肥, 改良資材, 中苗 5.20 植
	陽 53	8. 5	78.7	73.4	107	-	-	キヨニシキ, 改良資材, 中苗 5.19 植
	小 51	8.16	56.1	50.0	112	57.3	98	やまてにしき, 標肥, 堆肥, 改良資材, 中苗, 5.20 植
	52	8. 5	66.9	58.6	114	60.0	112	やまてにしき, 改良資材, 堆肥, 多肥, 中苗, 5.20 植
	国 53	8. 1	64.4	54.2	119	-	-	やまてにしき, 標肥, 中苗, 改良資材, 5.24 植

県	場年 所次	総合改善区		慣行 収量	改善 効果	成苗 収量	改善 成苗	投入技術の内容
		出穂期	収量					
福	猪 51	8.15	35.7	26.5	135	33.1	108	フジミノリ, 堆肥, 改良資材, N少肥, 早植, 中苗
	苗 52	8.6	58.6	45.0	130	58.5	100	フジミノリ, 堆肥, 改良資材, N少肥, 早植, 中苗
	代 53	8.1	72.9	56.3	129	67.4	108	フジミノリ, 堆肥, 改良資材, N少肥, 早植, 中苗
島	相 51	8.11	62.4	57.1	109	51.1	122	トヨニシキ, 稚苗, 改良資材, 追肥, 耕深 5.10 植
	52	8.13	58.6	53.4	110	61.2	96	トヨニシキ, 稚苗, 改良資材, 耕深, 基肥多, 堆肥, 5.10 植
	馬 53	8.2	59.5	58.5	102	62.2	96	トヨニシキ, 稚苗, 改良資材, 追肥, 堆肥, 耕深, 5.10 植

この結果、慣行の栽培に対する改善効果は各地において認められ、例えば 51 年には、岩手・極楽野で、現地の稚苗の収量が $5.1 \text{ kg}/\alpha$ に対して、改善の中苗が $37 \text{ kg}/\alpha$ で約 7 倍の収量を挙げた例や、秋田・阿仁、岩手・大野、宮城・川崎、山形・小国、福島・猪苗代などの高冷地で、いずれも 10 % 以上の効果を挙げているのが注目され、各地の平均的效果についてみても、51 年の改善区は $55 \text{ kg}/\alpha$ で、慣行の $51 \text{ kg}/\alpha$ の約 9 %、同様にして 52 年は改善区 60 kg で約 5 %、53 年は非常に高温年であったにもかかわらず、改善区が 68 kg で、約 8 % の収量増を示している。また従来の東北での耐冷安定技術の基本となって来た畑苗の改善区に比べて、中苗の方が優れていると評価されている場所が、51 年に 20 例中 11 ケ所、52 年は 22 例中 11、53 年は 16 例中 12 の場所で認められ、少なくとも 1/2 以上の地域では、畑苗にまさる結果を示している。また、ここで導入された技術は、冷害年への効果のみでなく、高温年においても、大きな効果を示した事は、耐冷技術=安定多収技術としての効果を発揮し得たものと評価される。

各地で実施された主な技術内容は、堆肥等による有機物の施用、健苗、早植、密植、追肥および施肥法の改善、活着促進剤の活用などであって、これをその地域に合った品種と育苗法に組合せて実施されている。これらの技術の中で、どのような技術が効果を高めているかについて検討を行い、その結果を整理したのが表-8 である。これからみると、各地とも共通して高い効果を示しているものに土壤改良資材がある。この効果は、とくに高冷地などの塩基欠乏土壤で高い効果を挙げており、また連年施用によって効果を高める傾向も認められるなど、この技術の安定さがうかがわれる。この点については、現行技術の評価で述べたと同様の考察がなされている。堆肥の効果については、場所、年次の振れもみられるが、土壤改良資材との併用効果も各地で認められている。また密植は高冷地、平坦地ともに効果が高く、健苗、早植の効果もみられるが、低温時の無理な早植は、かえって生育を遅らせることもあり、その地域に合った作期を選定する事が大切であり、活着促進剤(アピオン、アトニック等)は低温(15℃程度)で効果があるとしている(表-8)。

表一 8 応急技術の要因別効果

県別	場所	堆肥	深耕	改良資材	健苗	早植	密植	活着促進剤	少肥	多肥	追肥	稚苗	中苗	品種
青森	蟹田			○○○				△△○					△△△	シモキタ
	八戸			△○○				△△△					○○	シモキタ
	六ヶ所			△×○				△○△					△○	シモキタ
	黒石			△○○				○○△					○△○	レイメイ
	藤坂			△○×		×	△	△○		○	◎		△△	アキヒカリ
岩手	滝沢	△△○	××○				△○○					××○	○○×	ハヤニシキ
	極楽野	×		△	○				△			× ○ ○	△	ハヤニシキ
	軽米	○		○△◎	○○		△ △					×	○○○	ハヤニシキ
	大野			○○◎					○		○×	×	△○○○	フジミノリ
	江刺	○○	○××				○○				◎		○○○	トヨニシキ
宮城	本吉	○		○		○						○○○		アキヒカリ
	川崎											○○○		アキヒカリ
	小牛田						○					○○	○	ササニシキ
秋田	阿仁	△△○	○○	○○◎	△		△ ○					×	△○○	アキヒカリ
	大館	○○○	○△○	○△○	△△		○△△					××△	○△○	アキヒカリ
	秋田	△△△	△△△		○△○		◎○					○△	○△○	アキヒカリ
	大雄	△○○			○△○		○○					○△○	○△○	トヨニシキ
山形	新庄	△		◎		○×△						×△△	○○△	キヨニシキ
	最上			△		○×△						△△○	○○○	やまてしき
	南陽			△		△						×△○	△○○	キヨニシキ
	小国	××		◎◎		×						×○○	△○○	やまてしき
福島	猪苗代												○○	フジミノリ
	相馬	△×△	△△×	△△○						○○	○○○	○△△		トヨニシキ

注) ◎対照に対して非常によい ○良い △やや劣るか同程度 ×劣る
 左より 51、52、53 年次を示す。
 苗の稚苗、中苗は成苗に対する比較

このようにして、品種、育苗法を、その地域に適合したものとして、それに、総合的な技術を組合せる事によって、ほぼ東北地域全域で機械移植栽培は可能である事がわかる。しかし51年の冷害時にみられる様に、一部の高冷地では、中苗でも、畑苗に劣る場合もあり（蟹田、六ヶ所、滝沢、軽米、川崎、阿仁、最上、小国等）、今後、高冷地を中心とした育苗技術の改善とともに、耐冷性、良質の早生～極早生品種の開発が望まれる。

各地における技術の組立ては、その地域の実状によって夫々異り、また個別技術のウエイトも異にしている。これを標高別にみるとC地帯の高冷地では、品種のウエイトが最も高く、次いで、育苗法、水管理（漏水田、かけ流し）が重要な対策となっており、その他の技術も重要であるが、この三者が完全でない、いずれも安定性が保障されない。しかしA地帯の平坦地では品種や、育苗法の選択の幅が拡大しており、品種では早生～中晩生、育苗でも稚苗～中苗となっていることから、ここでは早期に生育量を確保する密植、早植等が主要な技術となる（図-7）。

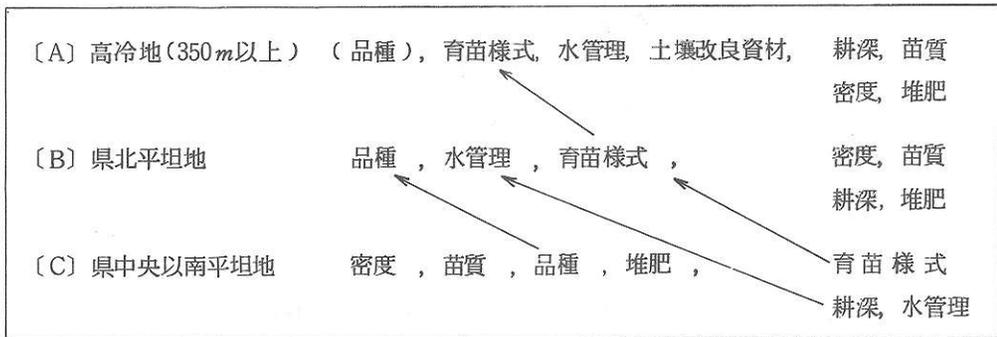
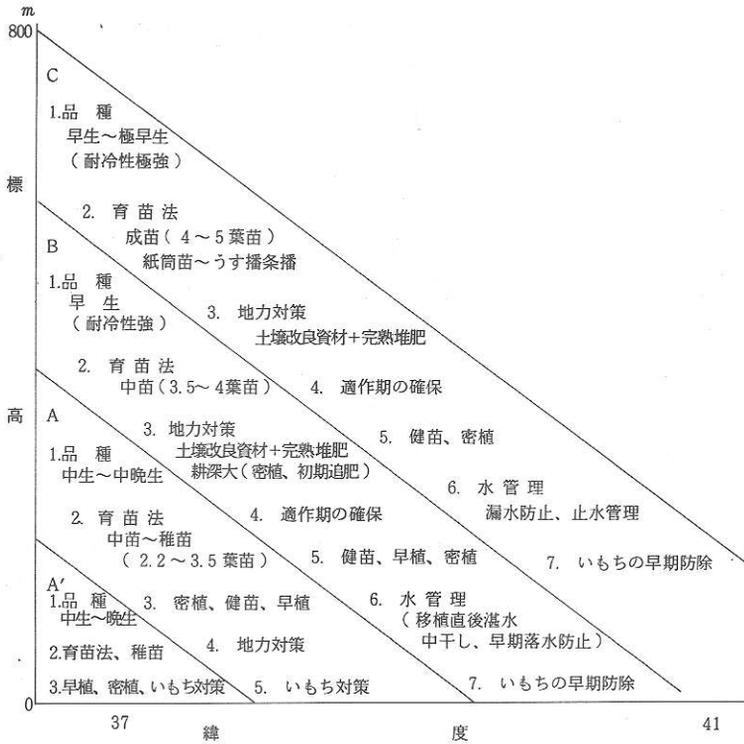


図-7 基本技術要因効果の序列と地域性（秋田）

この様な事から、東北地方の各地における対策技術についてみると、Cの地域では、現行の技術範囲では安定生産を続けるには、極めてきびしい条件下であるが、耐冷性極強の早生～極早生品種を導入し、育苗法も、成苗に近い（葉令で4以上）苗を育てる（紙筒苗またはうす播条播50g/箱）ことを基本にして、これに一般の栽培技術を組合せる事が大切で、全く手の抜く余地がなくなる。B地域ではCよりはやゝ技術選択の幅が出ているが、品種では、耐冷性の早生、育苗では中苗を基本として、これに夫々の技術を組合せる。Aでは、品種、育苗の幅がさらに拡大し、品種は中生～中晩生、育苗も中苗～稚苗となる。これらの関係を図-8に示した。

5 冷害対策としての評価

冷害が予想された場合、あるいは冷害対策技術=安定多収技術であるとすれば、常時この様な、総合的技術の組立てを基本技術として実施しておく事が必要であり、その事によって、各地域とも、安定した収穫が得られる事になる。そして、これらがもし51年程度の冷害年に遭遇した場合に、どの程度の被害に止め得るかの評価をしておく事も大切である。これについて、地域別に減収率での推定



図一八 東北地方の立地から見た地域区分と対策技術の組合せ

を行った結果、青森県では最も被害の著るしかった下北地域では43%の減収が12～13%程度に、秋田・阿仁の30%が10%に、上北・十和田の15%が5～6%に、平坦地の5%程度の地域は、ほとんど0になると推定されており、このことは東北南部についても同様とみられている。

6 むすび

この研究を通して、機械移植栽培に対する耐冷性について次の事柄が明らかにされた。

(1) 技術の総合的な投入によって、高冷地の一部を除いては、中苗の健苗を用いる事によって、従来からの耐冷安定技術の基本となってきた畑苗と同程度の収量が維持されること。

(2) 高冷地では(主にC地帯)、現有の品種、育苗法でも、収量変動が大きいので、さらに育苗法の改善と、極早生で耐冷性極強品種の導入を必要とする地帯が残っている。

(3) 中苗は耐冷性もあり、出穂の遅延も比較的少く、畑苗に近い栽培特性を持っているが、苗質による変動も大きく、中苗の劣化苗の活着性は稚苗に劣る事もあるので、中苗への過信については十分な注意が必要である。

(4) それぞれの地域における冷害対策には、標高や、冷害を助長している基盤条件などを十分検討し、技術のウエイトを考慮しながら、個別の技術を組合せること。