

## 水稻冷害研究の現状と課題

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
著者	鳥山, 国土
巻/号	3巻10号
掲載ページ	p. 6-9
発行年月	1980年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 水稲冷害研究の現状と課題

鳥山 国士\*

## はじめに

冷夏にあけくれた本年の東北地方の水稲作はきびしい冷害の試練をうけた。東北農試で実施したアンケート調査では昭和51年の冷害で耐冷性の弱い良質品種の山昇りが反省され、52・53年には耐冷性品種の作付が増加したが、良質米生産への指向が54年より再び現れて本年の低温被害を助長していることもある。しかし、本年の冷害はいわゆる冷害常習地帯のみならず、良質米ササニキの主要生産地帯の表東北南部平坦部まで被害が拡大しており、障害不稔の発生が主要因であることが、51年冷害と本質的な違いがある。

これまで冷害発生の際に冷害研究の必要性が叫ばれ、豊作が続くといつしか下火となっているが、既に多くの研究蓄積がある。これ迄の水稲冷害研究に関する成果は佐竹<sup>2,3)</sup>、伊藤<sup>1)</sup> および西山<sup>4,5)</sup> により詳細に紹介されており、また農林水産技術会議事務局<sup>6)</sup> が既往の研究成果をとりまとめている。このように水稲冷害研究の現状については、すぐれた総説があるので詳しくはこれらを参照されたい。ここではごく要点のみを紹介し、本年の冷害との関連において問題点を指摘するに止めたい。

## 冷害年の気象

北日本の水稲に冷害を発生させる夏季異常低温をもたらす気圧配置は大気循環からみると、主としてオホーツク海高気圧による北東気流による第1種冷夏と、高緯度高気圧の南下で弱い冬型ともいえるべき北西気流による第2種冷夏にわけられる。明治末期からの冷夏はほとんどが第1種と第2種の混合型であるが、29年は典型的な第1種冷夏で太平洋側で

低温の度合いが強い。第2種冷夏としては39年から続いた北海道の冷害年があげられる。31年以降の冷害年の気温の年偏差は一般に北海道が東北より大きい傾向があり、北海道単独冷害が頻発したが、明治以降の冷害群においては東北の偏差の大きい年が多く、本年も第1種冷夏で東北地方太平洋側の低温が著しかった。第1種冷夏が頻発する時代になると北日本全域にわたる冷害の続発が懸念されており、夏季温度の気温変動度は45年以降に変動幅が大きくなり、最近はやや上昇していることが指摘されていた。

## 水稲の冷害型

夏季の低温による水稲の被害は一般に遅延型冷害、障害型冷害および両者を併発する混合型冷害にわけられる。遅延型冷害とは出穂開花が遅延して登熟期間の温度が不足して登熟障害により減収するもので、障害型冷害とは不稔数を多発して減収するものとされている。代表的遅延型冷害としては29年の東北地方、障害型冷害としては46年の北海道があげられるが、程度の差はあっても被害の大きい冷害年は混合型の様相を呈している。本年の冷害も主として北海道は遅延型、表東北北部および山間高冷地は混合型、表東北南部は障害型ということになる。

## 遅延型冷害に対する研究の現状

遅延型冷害は出穂の遅延による登熟障害であるから、低温との遭遇時期および低温の強度および持続期間により出穂遅延度が決定される。低温による出穂遅延の大きくなる感受性期は活着期から分けつ開始期頃、幼穂分化期の前後および出穂の直前の3時期がある。

活着期から分けつ開始期の低温は生育のスタートを遅らせることになるばかりでなく、分けつの発生

\*東北農業試験場・栽培第1部長

を遅延させ穂数をも減少させる。活着期の低温抵抗性は苗の種類および苗質により異なる。これまで水苗から保温折裏苗、さらに畑苗と低温活着性が強化されてきたが、畑苗様式ではあるが稚苗機械移植の普及により低温活着性はやや低下した。51年冷害では稚苗が問題点として指摘され、低温活着性では大差はないが、生育の進んだ中苗は出穂遅延を軽減しうることから、冷害地帯では稚苗から中苗へと切り変りつつある。苗の種類が同じでも充実度(乾物重/草丈)の高いほど低温活着性がよく、また低温活着性および出穂遅延防止効果からみると成型ポット苗がすぐれており、冷害常習地帯では極めて有効な育苗技術と考えられる。北海道では苗の種類による活着限界温度の出現期から地帯別に移植期の早期限界が設定されている。低温活着性には品種間差がみられ、一般にインド型籾や日印交雑系韓国品種は日本籾に比較して著しく劣るが、日本水稲内の差は大きくない。化学物質による苗質の改善も試みられており、タチガレンの苗箱施用が普及技術として一般化している。

幼穂分化期の前後の低温による出穂遅延は主稈葉数の増加を伴うことが多い。29年の北東北での著しい出穂遅延は出葉間隔の遅れによるばかりでなく主稈葉数が平年より一枚増加したことによる部分が大きかった。北海道品種を用いた実験では幼穂分化期直前からの低温によって主稈葉数の増加が認められている。しかし北海道の冷害年では栄光は出穂遅延が大きく、南栄は小さく品種間差異が認められており、育種の対応がある程度可能なことを示している。栽培技術的には水温上昇技術以外に特に考えられないが、一般に窒素の多用は主稈葉数を増加し出穂遅延につながることから、幼穂分化期における窒素含量と低温との相互作用の観点から施肥技術を検討する必要がある。

出穂直前の低温による遅延はいわゆる出すくみ現象であり、本年の表東北の出穂遅延はこの時期の低温による部分が多い。この時期の稈の伸長は22℃以下では温度の低下とともに直線的に抑えられ、10～12℃で全く停止する。栽培技術的対応としては一般に幼穂形成期の窒素追肥は低温下での出穂を遅延させるが、止葉期の追肥は出穂を促進する効果が認められており、障害不稔に対する悪影響のない唯一の積極的施肥技術として更に検討すべき技術と考えられる。

水稲の栄養生長期間の水田水温は気温以上に影響

が大きいので水温上昇技術は冷害常習地帯では特に重視する必要がある。防風林の減風効果および気温上昇効果は既に知られているが、最近北海道では防風網が減風効果、気温上昇効果以上に水温上昇効果が顕著なことが明らかになり、偏東風卓越地帯では出穂遅延防止技術として防風網の設置が普及に移されている。東北地方の偏東風卓越地帯での検討が望ましい。

遅延型冷害を決定づけるのは登熟期間の低温による登熟障害であり、登熟歩合は登熟期間(出穂後40日)の気象値(特に平均気温・日照)および苗当り粒数と密接な関係がある。すなわち粒数の多いほど気象値の低下による登熟歩合の低下が著しく、また登熟期間の平均温度1度の低下は日照が1時間/日の減少より影響は大きい。日射と気温とは相補関係にあることが明らかにされている。登熟気温としては800度以下で悪影響が現れ、760度以下では登熟障害が顕著になることから、計画作期の策定には760度を基準として晩限出穂期が推定されている。低温下の登熟力には品種間差異が認められ、ある程度は品種対応も考えられる。化学物質による登熟促進は今後の課題として残されている。

## 障害型冷害に対する研究の現状

障害型冷害は不稔の発生により決定づけられる。不稔の発生は穂孕期および開花期の低温によって引き起こされる。えい花分化期の低温によっても奇型粒の発生を伴う花器異常による不稔が発生するが、この生育時期は幼穂は水面下にあり水温により保護されており被害は現れない。しかし、逆に冷水灌漑田では顕著に発生することになる。

穂孕期の低温は障害不稔の主要因であるが、白稈および割れ粒の発生も助長する。低温により最も影響をうけるのはおしべであり、めしべの受精能力はほとんど低下しない。不稔の直接原因は花粉の充実不良による葯の裂開不良であり、その割合と不稔歩合とは殆ど一致する。おしべの低温に最も感受性の高い時期は外見で止葉の葉耳とその直前葉の葉耳間長が8～10cmの頃であり、えい花単位では小孢子初期(4分子期～小胞第1収縮期)が最も感受性で、レプトテン直前～初期に第2の感受性の山がある。低温による葯内の変化として最も早く見られる形態的異常はタベート肥大であり、低温処理中における生理的異常としては非還元糖含量の増大、無機

りん含量の減少、転移組織および柔組織におけるでん粉の蓄積が確認されており、茎葉から葯への炭水化物の供給は円滑に行われていると考えられる。また、たんばくやアミノ酸含量が処理中に減少しなかったことから葯外から葯への物質転流は阻害されていないとみられる。しかし、小胞子の発育は抑制されているので小胞子への物質の転流は減少しており、タペートに糖その他の低分子物質が蓄積してタペートの膨圧を高め、細胞質の増殖を誘起して肥大に至るものと考えられる。葯における糖およびでん粉の蓄積は高分子の合成が減少していることを意味し、その後でタペートの細胞質が増殖するのであるからタペート細胞における高分子合成の活性は維持されている。かくしてタペート肥大がおこり小胞子の発育が阻害される。小胞子および花粉の発育異常は各発育段階において少しずつ発現し、花粉が充実不良となった葯は裂開できず、不稔の直接的原因となると考えられている。

穂孕期の低温による不稔の発生程度は前後歴の温度、昼夜温の組合せ、施肥条件、水管理、品種などの影響をうける。前後歴の効果として小胞子初期以前の低温（前歴）は不稔を増大し、以降の低温（後歴）も前歴よりも程度は弱い但不稔を増大させる。本年の長期間にわたる異常低温は最感受性期の低温に加えて前後歴の効果を伴って不稔の発生を助長したのと考えられる。不稔の発生は最低気温（夜温）が関係するが、昼間の温度条件によりかなり相殺される。1日単位では温度の効果は可逆的に作用すると推定され、最低気温よりむしろ平均気温が不稔歩合と密接に関係する。実際に北海道でしばしばおこる晴冷型の低温では最低気温は異常に低下しても昼間の最高気温がかなり上昇するので意外と不稔の発生は少い。一方、本年の東北で発生した障害不稔は最低気温の低下もあるが最高気温が常に低かったことが不稔の増大に大きく影響している。

施肥条件は障害不稔の発生と関連が深い。窒素の多用は不稔を増大し、止葉期の葉身窒素濃度が3～3.5%を越えると不稔は急増する。しかし同一窒素含量でも堆肥施用では明らかに不稔は少い。堆肥施用のものは同一窒素含量でも水溶性窒素含量が少く、粗でん粉含量が高いばかりでなく、根の活力が高いことから、体内成分のみでなく根を通して関与するホルモンの効果も推定されており、ホルモンを含む化学物質による制御とともに今後の研究課題である。また、多窒素条件ではりん酸多用が不稔の増

大を抑える効果を示すという。

障害不稔に対しては遺伝的制御、すなわち耐冷性品種が最も効果的である。はやゆきは農林20号と同一不稔を発生するのに4日間処理では5度の温度差が認められる。現在の北海道の主要品種ははやゆきより1～2段階は耐冷性が劣り改良の余地が大きい。これ迄耐冷性遺伝子は日本稲内のみ求めてきたが、最近は広く外国稲にも求めており、インドネシアの Silewah、マレーシアの Padi Labou、中国の Leng Kwang ははやゆきと同等以上の耐冷性を保持することが認められており、前2者はジャワ型で日本稲との交雑親和性が高い。Silewah に日本稲を2回戻し交雑した材料にははやゆきが50～60%稔実の低温下ではほぼ完全稔実の材料が得られている。幸い耐冷性は優性に遺伝し、相加的效果が認められるので外国稲と日本稲の耐冷性遺伝子の新しい組合せによって超耐冷性品種育成も夢ではない。

なお、この時期における唯一の栽培技術的防御手段は、水田水温が気温より高いことを利用して17～20cmの深水として危険期のえい花を保護することである。

開花期においても低温により不稔を発生する。低温の度が強いほど、開花に近いえい花の花粉ほど活力を早く失い不稔が増大する。開花期に連続低温により5～6日以上不開花の場合は不稔発生の恐れがあるが、開花期のみ連続低温が襲来することは稀で、穂孕期の低温とのダブル・パンチで被害が増幅される。本年の東北の障害不稔は多分にこの増幅効果があったのと考えられる。開花期の連続低温は受精しても品質低下を伴うので不稔歩合から推定されるより被害は大きくなる。なお化学物質の処理による低温下での花粉活性の維持など今後の課題である。

開花期の低温に対しても品種間差異が認められ、一般に穂孕期に耐冷性のものは開花期にも耐冷性が強いが品種によっては必ずしも一致しない。

障害型不稔の主要因が葯の裂開不良であるから柱頭上の花粉粒の附着数および発芽花粉粒数は不稔歩合と密接な関係がある。正常稔実を示す場合は柱頭上に約100粒以上、少くも50粒の附着が認められる。一方、障害不稔を発生するえい花では葯の裂開不良および花粉の未充実あるいは活生の低下により柱頭上の附着が10粒以下、発芽花粉が5粒以下のえい花割合と不稔歩合がほぼ対応するので、開花当日の柱頭上の花粉粒の調査は障害型不稔の早期予測に利用できよう。

## 想定される基本的耐冷技術

これまでの水稲冷害研究の成果に基づき、考えられる基本的耐冷技術を想定してみよう。

まず実施すべきは計画作期の策定である。栽培地域の既往の気象資料から水稲の生育時期別の低温の発現についての再現期間（一応20年を考える）に対応する確率低温を求めて、移植早期限界、出穂の早期および晩期限界を推定し、採用すべき栽培法、品種および作期を策定する。

品種は策定された作期および栽培法で出穂早期限界と晩期限界の間に出穂する熟期の品種を選定する。同一熟期の品種では耐冷性の強い品種を採用することは論をまたない。

育苗法は移植早期限界とも関連するが、一応の基本型としては中苗機械移植とし、葉数の進んだ、乾物重/草丈比の大きい苗の育苗につとめ、策定された移植期間内に田植えを完了する。なお、遅延型冷害常習地帯では成型ポット機械移植が有力な耐冷技術となる。偏東風卓越地帯では本田に必ず防風網を設置して水温の上昇につとめる。穂孕期の低温に対しては深水による幼穂の保護が唯一の手法であるので、17~20cmの深水灌漑を行い得るように圃場を整備しておき、必要に応じて深水灌漑を行う。

本田施肥法としては堆肥を必ず施用し、初期生育を確保する施肥法、例えば表層施肥やペースト状肥料の極所施肥などが考えられる。要は収量構成要素を早めに確保しながら止葉期の葉身の窒素含量は3%以下におさえ、止葉期追肥によりえい花の退化を防止し、出穂を促進し、登熟の向上をはかる。この

ような生育型は松島氏の理想生育型、すなわちV字型の生育と一致するよう思われ、耐冷栽培技術は必ずしも多収技術と相反するものではないと考えられる。

以上、水稲の冷害研究の現状を要約し、その知見から想定される耐冷基本技術をのべたが、極めて主観的なものであり、今後の冷害研究の進展により訂正され、補強されるべきものである。本年の冷害の実態を直視し、予想される異常気象の頻発、地球の寒冷化に備えて、水稲冷害研究の一層の発展を期待したい。  
(とりやま・くにお)

## 参考文献

- 1 伊藤延男 (1975~76) イネの冷温障害—とくに遅延型冷害について—農業および園芸, 50 (12), 51 (2)
- 2 佐竹徹夫 (1971~72) 障害型冷害におけるイネの雄性不稔—研究の歴史と現状—農業および園芸, 46 (11, 12), 47 (2)
- 3 佐竹徹夫 (1974) イネの障害型冷害, 農業技術 29 (7, 8)
- 4 西山岩男 (1977~78) イネの直播栽培と冷温障害—とくに発芽および初期生育について—, 農業および園芸, 52 (11, 12), 53 (1, 2)
- 5 西山岩男 (1978~80) イネの冷温障害の生理学—一生殖生長期を中心に—, 農業および園芸, 53 (7, 8, 9, 11), 54 (10, 11), 55 (1, 2, 3, 4)
- 6 農林水産技術会議事務局 (1978) 農林水産研究 文献解題 No. 5, 作物冷害編

農林水産技術会議事務局 監修  
農林水産省野菜試験場

## 近刊 ★ 施設園芸の省エネルギー新技術

今冬の野菜の施設栽培用に役立つ省エネルギー的の被覆保温技術、太陽熱利用技術、省エネルギーの栽培管理技術などを、国、県の第一線の研究者20名の方々に執筆いただいた省エネ施設園芸新技術の総合書である。研究実務者、普及員、施設栽培家の必備、必読の書であり、学生教材にも好適。

■ A5判 上製本300頁 1,500円 予300円