環境に対する水稻の生育反応

第6報 幼穂の発達期間の温度が出穂に及ぼす影響

佐 藤 庚

(東北大学農学部)

昭和51年8月16日受理

東北地方では稲の生育途上で低温に遭遇することが多く、気象の長期予報とも関連して出穂期の正確な予測が要求される。一般には葉令、幼穂の発達段階、葉耳間長などをたよりに予測するが、この場合の参考となるのは比較的気温の変化の少ない条件下の成績であって、幼穂発達の各段階から出穂までの日数はほぼ一定である^{1,4)}との前提に立っている。しかし実際には低温を受けるとこの予測が大きくはずれることは過去の冷害記録や経験の教えるところである。冷害に関する研究はきわめて多いが、温度と出穂期との関係についての実験的研究が少ないので、低温気象下の出穂期予測はかなりむずかしい現状である。

高杉⁵⁾は冷蔵庫を用いて12~13°Cという低温を生育時期別に5日間ずつ与え、生育初期ほど生育遅延度が大いとしたが、この場合処理中は完全な暗条件である。福家ら³⁾はガラス恒温室を室内の窓際に設け、寺尾ら⁷⁾は自然光にあたるファイトトロンを用い、それぞれ温度と処理期間を変えて水稻の生育時期別に処理して出穂期の変化をしらべている。いずれも戸外に置いた無処理区に対する出穂期のおくれを対象にし、低温ほど、その処理期間の長いほど、幼穂の発育初期ほどおくれが大いことを示した。しかし戸外区に対する出穂のおくれの日数は戸外の気温と処理温度との相互関係が影響するはずであるのに戸外気温の記録がなく、出穂期予測上は一つの参考資料にとどまる。

著者は、そこで、出穂期予測に直接役立つデータを得ようとして幼穂発達期間中に種々の低温にあわせて出穂期の変動をしらべてきた。一部は予報した⁵⁾が、この問題は一朝一夕には片がつかないことに気づき、多くを今後の検討に残しながら、今までのデータを一つの参考資料として報告する次第である。

実験方法

第I実験 (1965) : 水稻ササングレを径9cm、高さ20cmの円筒ポットに5月末1本植とした。用土は粘土に富む川砂である。春日井氏水耕液の中、3要素のみを含む原液を用意し、栄養の不足をきたさぬように

週に一度新旧液を交換した。温度処理は自然光を利用した昼夜恒温の4キャビネットで行った(第1表)。各室には恒温水槽を設けて気温より高いか低い地温を設定した。第1回処理は主稈がいわゆる幼穂形成期(穎花分化期)の7月27日に各区4ポットずつ搬入し、気温25°区が出穂するまでの20日間処理を継続した。第2回処理も各区4ポットを用い、葉耳間長が0前後の8月13日に開始し2週間継続して戸外に出した。調査は第1回処理区は各株最長稈3本ずつ、第2回処理は主稈について行った。

第II実験 (1966, 1969) : 1966年度には水稻ソメワケおよびトワダの2品種を供試し、5月23日1/5000アールポットに1本植2株ずつ移植した。用土、施肥法は第I実験と同様である。両品種とも7月4日から11日、11日から18日、18日から25日までそれぞれ1週間ずつ3回の温度処理を行い、その他の期間は戸外に置いた(第3図)。処理温度は第2表のとおりである。7月4日の主稈の幼穂長はソメワケが0.4mm、トワダが0.2mm、生長点の高さはそれぞれ9mmと6mmで、第2回、第3回処理開始時の幼穂の状態は第2表のとおりである。第4回処理は葉耳間長が0に達した7月26日(ソメワケ)と29日(トワダ)に昼/夜温4段階(第4図)のキャビネット(自然光)

Table 1. The effects of air- and soil-temperatures given from the young panicle formation stage upon the stem height (SH) and panicle length (PL) at the end of the 20 day treatment (1965).

Air-Soil, °C	SH cm	PL cm
10 — 10	2.5	0.23
〃 — 16	2.6	0.30
20 — 20	13.7	12.7
〃 — 24	13.2	10.7
25 — 25	29.2	14.9
〃 — 17	26.4	14.0
30 — 30	55.2	16.9
〃 — 22	58.6	15.5

Fig. 1. Effects of air-temperature for 20 days from the young panicle formation stage on the days to heading and the stem height at the end of the treatments. Estimated on the 3 longer culms of each plant (1965).

Fig. 2. Days to heading (2) from the stage when the auricle of boot leaf reached the same level as that of the leaf below and the growth rate of boot leaf-sheath (1) as affected by air-temperature (1965).

に移し、それぞれ出穂するまで処理を続けた。

1969年度には農林17号を供試して全く同様に栽培し葉耳間長0の時に第4図に示す4段階の温度処理をそれぞれ出穂するまで続けた。第II実験の各区は2ポット4個体から成る。

実験結果と考察

第I実験：幼穂形成期から20日間の処理では(第1図)地温の影響が小さいので、2つの地温区を合わせて気温の影響をみると、気温30°で15日、25°では20日目に出現したが、20°ではこの間に出現せず、第1表に示すように穂も茎も伸長中であり、10°では全く伸長が認められなかった。10°では地温を16°に

Fig. 3. Mean daily air-temperatures during the treatment period in 1966. 1—4 indicates the respective treatment period.

Fig. 4. Days to heading from the stage when the auricle of the boot leaf reached the same level as that of the leaf below, as affected by air temperature.

高めるとわずかに伸長が促された。1日当りの茎長(穂首までの長さ)の伸びは30°で2.75 cm、25°で1.25 cm、20°で0.65 cmであった。したがって20°では高温区の出穂始めの茎長30 cmに達するには45日を要することになる。福家らのデータ³⁾では20°および17°15日間の処理を幼穂発達の初期に与えると陸羽132号の出穂はそれぞれ10日および11日前後、処理期間を10日にするとそれぞれ8日前後、5日では4日前後のおくれとなっている。したがって20°を幼穂形成期から出穂まで続けると50日かかる と推定され、著者の推見とほぼ一致する。寺尾ら⁵⁾は、23°、20°、17°の処理を連続して与えると、幼穂形成のはじめに処理をはじめるほど出穂のおくれが大きく、23°では7～8日、20°では12～14日おくれ、出穂までそれぞれ37～38日、42～44日となる。かくて3者のデータはほぼ一致している。しかし10日間の処理では17°で5～6日、20°で3日、23°で2日のおくれにすぎなかった。このように多少の違いが生じたのは供試品種、実験方法、戸外気温その他が異なるためであろう。

Table 2. The effects of weekly temperature treatments at three successive stages during young panicle development upon the dates of heading (1966).

Treatment Day/night temp.	Cv. Somewake		Cv. Towada		Stages ⁴⁾	
	date ³⁾	difference	date	difference	Somewake	Towada
Cont ¹⁾	Aug. 8.7	—	Aug. 11.8	—	(1) July 4	
24 / 19°C (1) ²⁾	13.6	4.9	10.9	-0.9	IV~V	II~III
〃 (2)	12.3	3.6	13.0	1.2	(2) July 11	
〃 (3)	15.3	6.6	14.9	3.1	IX	VI~VII
18 / 13°C (1)	14.3	5.6	13.0	1.2	(3) July 18	
〃 (2)	15.3	6.6	15.2	3.4	8 mm in	5.5 mm in
〃 (3)	17.3	8.6	15.6	3.8	length	length

1) Outdoor control. 2) (1), (2) and (3): the 1st, 2nd and 3rd week after young panicle initiation, respectively. 3) Heading date is the mean of the dates when 80% heads emerged in each plant. 4) Stages at which the temperature treatments for each one week were started (main stem). II~III: neck-node differentiation to bract increasing, IV~V: differentiation of primary rachis-branch, VI~VII: late differentiation stage of primary rachis-branch to early differentiation stage of secondary rachis-branch, IX: beginning of spikelet differentiation.

次に葉耳間長 0 cm の時に同様の温度処理を2週間続けた結果は第2図に示すとおりで、30°で7日、25°で10日、20°では15日に出穂し、これより低温では著しくおくれる。止葉葉鞘の抽出速度を計算すると気温と直線関係を示し(第2図)、平均気温が10°下ると抽出の速さは $\frac{1}{2}$ となる。この段階の葉鞘の伸長が主に細胞の伸長によるとすれば、細胞伸長に関しては Q_{10} がほぼ2となる。1日当り抽出長の直線関係に対して出穂までの日数が曲線をかくのは、低温ほど止葉葉鞘が長く抽出してから出穂する傾向を示したからである。地温は出穂期に明瞭な効果をもたなかったが、幼穂が地表面附近にあった幼穂形成始めには地温、水温の影響があったようである(第1表)。

第Ⅱ実験: 第3図に示すとおり、第1回処理期間中の外気温は24/19°室より低かった。したがってトワダでは24°区の方がわずかに出穂が早かったが、ソメワケでは5日近くおくれた(第2表)。このおくれの理由は現在説明しがたい。第2回処理期間中も外気温が24°室より低い日が3日もあり、24°区の出穂のおくれは比較的少ない。第3回処理期間には外気温が上昇したので処理による出穂のおくれが目立つ。18°室は全期間外気温より低く、処理時期が遅れるにつれて外気温との差が拡大し、これに伴い出穂のおくれも大きい。ソメワケはトワダにくらべて低温による出穂のおくれが大きい。

第4回処理と、1969年の結果を一括して第4図に示す。通常10日とされる葉耳間長0から出穂までの日数は温度に鋭敏で、昼温35°区で7日、30°区で8日、25°区で11日、20°区では16日、15°区では26

日となった。東北を時に訪れる13~17°の低温下では通常の2倍近くかかるのである。この場合もソメワケのおくれが大きい。ソメワケを除き、トワダと農林17号のデータから2次回帰曲線を求めると、 $y=60.3-3.48x+0.057x^2$ が得られ実測値とよく一致する。 x は日平均気温、 y は葉耳間長0から出穂までの日数である。

低温抵抗性の大きいソメワケの低温による出穂遅延が抵抗性のより小さい品種より大きいことは理解に苦しむ点であるが、一因は、ここで用いたキャビネットは冷風が室側壁の上部から吹き出すように設計されているので、他品種より草丈の高いソメワケはこの冷風の影響を直接うけやすかったことにあろう。

本実験の結果はあくまで一資料にとどまるものであるが、引用した二、三の実験結果とあわせて利用すれば、低温下の出穂期予想にある程度役立つものと考えられる。

摘 要

ササングレ、ソメワケ、トワダ、農林17号を供試して、穂の発達の段階別にことなる温度環境を与えた。昼/夜温18/13°、日平均気温15°前後の低温が1週間続くと、出穂は数日おくれ、24/19°程度でも多少のおくれが出る。葉耳間長0の時から出穂までの日数は、昼温が30°以上では1週間前後、25°では10日前後、20°では16日前後、15°では26日前後となった。出穂期予想にあたっては、低温にあう時期、低温の程度と継続時間などを十分考慮する必要がある。

引用文献

1. 秋元真次郎・戸町義次 1939. 水稻栽培に於ける播種期の早晚による穂の形成の品種間差異. 日作紀 **11**: 165—184.
2. 榎本中衛 1937. 冷水灌漑の水稻特性に及ぼす影響. (第4報) 出穂と水温との関係. 農及園 **12**: 2793—2800.
3. 福家 豊・近藤頼己 1939. 水穂の冷害現象に関する実験的研究. 第1報 寡照低温による生育障害, 特に稔実粒数の減少機構に就て, [1] [2] 農及園 **14**: 2049—2060.
4. 野口弥吉 1930. 光線による光稲出穂のコントロールに就て, 補遺 日作紀 **2**: 153—159.
5. 佐藤 庚・大友健二 1966. 低温下における水稻出穂期の予想について (予報). 日作 東北支部報 **8**: 7—8.
6. 高杉成道 1938. 生育の各期に於ける一定低温が水稻に及ぼす影響に就て (予報). 農及園 **13**: 965—972.
7. 寺尾 博・大谷 義雄・土井 弥太郎・泉 清一 1941. 水稻冷害の生理学的研究 (予報). VIII 挿秧より出穂に至る各期よりの各種低温の幼穂分化・出穂・稔実に及ぼす影響. 日作紀 **13**: 317—336.

The Growth Responses of Rice Plant to Environmental Conditions

VI. The effect of temperature during panicle development
on the heading dates

Kanoë SATO

(Faculty of Agriculture, Tohoku University, Tsutsumidōri, Sendai 980)

Summary

Using several cultivars, the response in heading date to air-temperature was studied. Rice plants transferred to air-temperatures of 30°, 25° and 20° at young-ear-formation stage headed in 15 and 20 days and may have headed in 40–45 days, respectively. Plants transferred for 7 days to 24°/19° and 18°/13° (day/night temperature) at three stages during early ear development headed several days later than the outdoor control. Plants transferred to 35°, 30°, 25°, 20° and 15°C day temperatures (night temperature was 5° lower than the respective day temperature) when the auricle of the boot leaf reached the same level as that of the leaf below headed in 7, 8, 11, 16 and 26 days, respectively. Differential soil temperatures appeared to affect heading to a slight extent.