

ガラス温室を用いた水稻の高温不稔耐性評価法 (短報)

宮原克典*・石橋正文・山口 修

[キーワード：不稔，評価，高温，水稻，耐性]

Evaluation of Sterility Tolerance in Rice Caused by High Temperature with Glass Greenhouse. MIYAHARA Katsunori, Masafumi ISHIBASHI and Osamu YAMAGUCHI (Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. For. Res. Cent.* 5:18-20 (2019)

[Key words : heat, high temperature, rice, sterility, tolerance]

緒言

温暖化は、地球規模で自然生態系や人間社会に影響を及ぼしており、農業への影響も看過できない状況となっている。国内の水稻生産においては、登熟期間が高温で経過することにより、白濁粒が発生する品質の低下が顕在化しており、福岡県においては「元気つくし」(和田ら 2010) や「実りつくし」(和田ら 2016) など高温登熟条件下でも白濁粒の発生が少ない高温耐性品種を育成するなどの対策を進めてきた。

国内における水稻の高温障害では、主に高温登熟による外観品質の低下が問題となってきたが、全国各地で記録的な高温が観測された 2007 年に、群馬県館林市周辺において、出穂後 5 日間の最高気温が 38℃を超える条件下で不稔率が 10%を超える事例が多く認められ(石丸ら 2008)、不稔の発生が、高温により引き起こされるもう一つのリスクとして強く認識されるようになった。金ら(1996)は温度傾斜型 CO₂ 濃度制御チャンバーを用いた試験において、高温条件下で収量が低下した原因を高温による不稔の増加にあると考察しており、不稔が収量にも悪影響を及ぼすことが認められている。

高温により誘発される不稔に関する研究は、これまでも多く報告されており、草薙ら(1974)は、ファイトトロンを用いた水稻の栽培試験において、最高気温 35℃における不稔の発生を報告しているほか、Satake *et al.* (1978)は同じくファイトトロンを用いた栽培で、耐性品種においても昼温が 38℃を超えると稔実率が低下することを示している。

しかしながら、これまでに報告された試験を比較してみると、日本型品種を供試した、ファイトトロンによる、最高気温 35℃の処理時における不稔発生率について、Matsui *et al.* (2001)は、開花期前後 6 日間の高温処理で 10%以下、草薙ら(1974)は生育期間全体の最高気温を 35℃とした際に 22~45%、佐藤ら(1973)は開花期を含む 1 週間の高温処理において 20%以上と報告するなど差があり、高温処理条件の違いによって発生率が異なることから、高温不稔耐性を評価するためには、個々の条件における発生傾向を十分に把握する必要があると考えられた。そこで本研究では、福岡県農林業総合試験

場における高温不稔耐性品種育成を目的とした特性検定を念頭に置き、高温不稔耐性を評価する手法を確立するために、既存の開放系ガラス温室を用いた高温処理が水稻の不稔率に及ぼす影響を評価した。

材料および方法

試験は 2016 年および 2017 年に福岡県農林業総合試験場(筑紫野市)で実施した。供試品種には Matsui *et al.* (2001) の報告の中で高温不稔耐性とされた「日本晴」、中程度とされた「葵の風」、感受性とされた「ヒノヒカリ」に加え、Wada *et al.* (2015) により報告された、高温登熟に強い「ちくし 52 号」と高温登熟に弱い「つくしろまん」を供試した。さらに普及品種における高温不稔耐性を確認する目的で、県内で作付の多い「夢つくし」および「元気つくし」を高温区にのみ供試した。栽培は 1/5000 a ワグネルポットには場から採取した砂壤土を充填し、ポット栽培における生育量を確保するため 20 Ng/m² の基肥を施用して行った。試験区は、ガラス温室で高温処理を行う高温区と全期間野外で栽培する対照区を設けた。移植日は、各品種の出穂日を同調させるために、2016 年には両試験区ともに中生品種を 5 月 20 日、早生品種を 6 月 5 日、極早生品種を 6 月 10 日とした。2017 年は高温区の中生品種を 5 月 20 日、早生品種を 6 月 5 日、極早生品種を 6 月 13 日に移植した。対照区では野外でも高温になる 8 月上旬の出穂を回避する目的で、中生品種を 6 月 20 日、早生品種を 6 月 30 日、極早生品種を 7 月 5 日の移植とした。いずれの場合も 3 葉苗を用い、株あたり 3 本を移植し、各品種 2 ポット栽培することで反復とした。

高温処理には、ガラス温室 (W) 6×(L) 18×(H) 3.5m) を用いた。移植日から野外で栽培したイネを、出穂直前に天窗および側窓の自動開閉温度を 36℃に設定したガラス温室に持ち込んだ。開花終了後にポットを順次ガラス温室から持ち出し、成熟期まで野外で栽培した。成熟期後に株ごとに収穫し、遅れ穂を除く全穂の不稔率 (%)

(不稔粒数/全粒数)を算出した。ガラス温室内の気温はデータロガー (TR-52i T&D 製) をイネの穂の高さに設置して測定した。

*連絡責任者 (農産部 : miya-k@farc.pref.fukuoka.jp)

受付 2018 年 7 月 27 日 ; 受理 2018 年 10 月 12 日

結果

2016年の出穂日は、8月6～11日の6日間の幅となり、それぞれの系統における出穂日から5日間の最高気温の平均値は高温区で38.6～39.3℃、対照区で34.9～35.4℃となった。2016年の8月は気温が高く、対照区においても最高気温が35℃を超える日が多かった。2017年の高温区における出穂日は、極早生、早生系統では8月8～11日の4日間の幅となり、それぞれの系統における出穂日から5日間の最高気温の平均値は34.5～35.1℃の幅であった。中生品種「葵の風」、「ヒノヒカリ」の出穂日はそれぞれ8月3日および5日と早く、それぞれの出穂日から5日間の最高気温の平均値はそれぞれ38.8℃、36.4℃といずれも高かった。2017年の対照区における供試系統の出穂日は、8月20～23日と4日間の幅となり、出穂日から5日間の最高気温の平均値は32.5～33.4℃であった。また、2016年の8月は気温が高かったことから、2017年に比較してガラス温室での最高気温は高く、さらに対照区においても出穂日から5日間の最高気温の平均値は34.9℃以上となった。しかしながら、いずれの年次、いずれの品種・系統においても対照区に比較して高温区の最高気温は高かった（第1表）。

不稔率を見ると、いずれの年次においても対照区に比較して、高温区で有意に高かった。高温区における不稔率を見ると、2016年では「つくしろまん」の不稔率が「ち

くし52号」、「夢つくし」、「日本晴」および「ヒノヒカリ」に比較して有意に高かった。また、2017年では出穂日が早く、出穂後5日間の最高気温が高かった「葵の風」の不稔率が、他の全ての品種・系統に比較して有意に高かった他、「つくしろまん」の不稔率が「ちくし52号」および「日本晴」に比較して有意に高かった。対照区では、最高気温の高かった2016年には「つくしろまん」の不稔率が他の品種・系統に比較して高かったが、不稔の発生率が高まるとされる最高気温35℃を下回った2017年では、品種・系統間における不稔率の差は認められなかった（第1表）。

考察

稲作期間の高温が頻繁に起こる近年の状況において、登熟期の高温による品質低下に並ぶリスクと考えられる出穂期頃の高温による不稔の発生について、当試験場の設備を用いて評価する方法を検討することは、今後の高温耐性育種における基礎になるものと考えられる。今回の結果により、2か年を通じて「つくしろまん」の不稔率が高く、「ちくし52号」および「日本晴」が低かったことから、これらの品種・系統はガラス温室による高温処理条件における高温不稔耐性の指標品種として活用できると考えられた。Matsui *et al.* (2001) は、高温条件下での不稔発生率について、耐性品種として「日本晴」、

第1表 品種ごとの出穂日・最高気温および不稔率

品種	2016年			2017年			
	出穂日	最高気温 ¹⁾ (℃)	不稔率 ²⁾ (%)	出穂日	最高気温 ¹⁾ (℃)	不稔率 ²⁾ (%)	
日本晴	8月11日	38.6	35.4 a	8月9日	35.1	16.6 a	
葵の風	8月7日	38.9	50.8 ab	8月3日	38.8	75.5 c	
高温区	ヒノヒカリ	8月9日	39.2	42.4 a	8月5日	36.4	41.7 ab
	ちくし52号	8月6日	39.2	27.5 a	8月11日	34.5	15.7 a
	つくしろまん	8月11日	38.6	77.3 b	8月11日	34.5	47.4 b
	夢つくし	8月8日	38.9	40.9 a	8月8日	35.0	36.5 ab
	元気つくし	8月10日	39.3	60.6 ab	8月10日	34.9	32.2 ab
対照区	日本晴	8月11日	34.9	11.3 a	8月23日	32.5	9.2 a
	葵の風	8月8日	35.1	12.3 a	8月22日	32.5	16.5 a
	ヒノヒカリ	8月9日	35.4	11.8 a	8月23日	32.5	20.7 a
	ちくし52号	8月7日	35.0	14.1 a	8月20日	33.4	5.4 a
	つくしろまん	8月11日	34.9	45.0 b	8月22日	32.5	20.2 a
	温度処理(A)		**			**	
	品種・系統(B)		**			**	
	A×B		ns			**	

1) 最高気温は出穂後5日間における最高気温の平均値を示した

2) 同一年・同一処理区における不稔率の異英文字間に5%水準で有意差 (Tukey-Kramer)

3) **, * はそれぞれ各年次において処理区間に1%, 5%水準で有意差があることを示す

4) 温度処理, 品種・系統における有意差検定には高温区, 対照区ともに不稔率を測定した5系統を対象とした

感受性品種として「ヒノヒカリ」、中間的な品種として「葵の風」などを挙げている。今回、これらの品種を指標品種の候補として供試したが、これら 3 品種間において 2016 年では品種間差が認められず、2017 年では「葵の風」が「日本晴」および「ヒノヒカリ」に比較して、不稔率が高い結果となった。2016 年と 2017 年で異なる温度帯での処理となったが、いずれの年次においても Matsui *et al.* (2001) の報告とは一致しなかった。しかし、耐性品種とされた「日本晴」と同様に安定して不稔率が低かった「ちくし 52 号」を耐性品種の指標とし、感受性品種とされた「ヒノヒカリ」よりも不稔率が高かった「つくしろまん」を感受性品種の指標とすることについては妥当であると判断した。なお 2016 年には、野外で栽培した対照区においても、出穂後 5 日間の最高気温の平均が 34.9~35.4℃と高かったことから、「つくしろまん」の不稔率が高かった。これに対し、2017 年の対照区では 32.5~33.4℃で品種間の不稔率に差が無かった。このことが、2017 年における交互作用に影響したものと考えられた。

イネの高温不稔に関する一連の研究の中で、温度以外に不稔の発生率を左右する条件として、湿度や風速の影響が考えられており、Matsui *et al.* (1997) は、高温条件下において風速 0.85 ms^{-1} の風が稔実率を低下させ、相対湿度が高いほど稔実率が低下したことを報告し、諸隈ら (2004) は高温条件下において、相対湿度 88% の高温条件下で稔実率が低下したことを示している。このように、温度以外の条件が不稔の発生率に影響を及ぼすことが報告されていることから、高温処理を施す設備や条件の違いにより不稔発生率が影響を受ける可能性があると考えられる。このことから、指標品種の設定はそれぞれの条件において行われることが望ましいと考えられ、開放系ガラス温室を用いた当検定法における処理条件下における指標品種として、「ちくし 52 号」および「日本晴」を高温不稔耐性の、「つくしろまん」を感受性の指標品種とすることにより、高温不稔耐性品種の選抜が可能になると判断された。また、実際に不稔を誘発する程度の高温に遭遇しやすい熟期は、出穂期が 8 月上旬から中旬に当たる極早生から早生の系統であると想定されることから、極早生の「ちくし 52 号」や早生の「日本晴」、「つくしろまん」を指標品種として選定できたことは、選抜技術として大きな意味を持つと考えられた。2 か年

の試験により中生系統の出穂期を極早生や早生の系統と同期させることが困難であったので、中生系統の評価には、中生の指標品種を選定することが必要と考えられ、この点については今後の課題としたい。また、県内における普及品種である極早生の「夢つくし」および早生の「元気つくし」では、2016 年産の「夢つくし」で「つくしろまん」に対し不稔率が低かったが、2016 年の「夢つくし」、2016、2017 年の「元気つくし」ともに、今回指標品種とした品種・系統との有意差は認められなかったことから、これらの品種の高温不稔耐性は中程度であると考えられた。

著者らは今回の方法を用いて、「つくしろまん」を遺伝的背景とした準同質遺伝子系統の高温不稔耐性を評価し、「つくしろまん」とその準同質遺伝子系統で高温不稔発生率に差が生じることを確認した (宮原ら 2018)。今回の検討により、①極早生系統の移植日を 6 月 13 日、早生系統の移植日を 6 月 5 日とすることで、出穂日を最も気温の高い 8 月 10 日前後に調整できること、②ガラス温室の天窗および側窓の自動開閉温度を 36℃に設定することにより、35℃程度の高温処理温度を確保できること、③この検定法における高温不稔耐性の指標品種には「つくしろまん」を弱い指標に、「ちくし 52 号」および「日本晴」を強い指標に活用できることを明らかにした。この評価法が、更なる温暖化にも対応できる新品種の育成に寄与することを期待したい。

引用文献

- 石丸 努ら (2008) 日作紀 77 (別 1) : 366-367.
 金 漢粒ら (1996) 日作紀 65 : 644-651.
 草薙得一ら (1974) 中国農研報 A23 : 53-89.
 Matsui T *et al.* (1997) Jpn. J. Crop Sci. 66 : 449-455.
 Matsui T *et al.* (2001) Plant Prod. Sci. 4 : 90-93.
 宮原克典ら (2018) 日作九支報 84 : 1-3.
 諸隈正裕ら (2004) 日作紀 73 : 93-98.
 Satake T *et al.* (1978) Jpn. J. Crop Sci. 47 : 6-17.
 佐藤 庚ら (1973) 日作紀 42 : 207-213.
 和田卓也ら (2010) 福岡農総試研報 29 : 1-9.
 Wada T *et al.* (2015) Breed. Sci. 65 : 216-225.
 和田卓也ら (2016) 福岡農林試研報 2 : 1-7.