

短日条件下で発生する日本水稻品種「シンレイ」の不稔

岡本正弘・原貴洋

(農研機構九州沖縄農業研究センター)

要旨：自然光型人工気象室(最高気温 30℃, 最低気温 22℃, 平均気温 26℃)において, 九州の水稻品種「シンレイ」に短日処理(9 時間日長)を施したところ, 到穂日数が約 85 日から約 60 日に短くなるにつれて, 不稔歩合は約 3% から約 28% に高まった. 短日条件下では葯が湾曲化・短小化し, 葯長(50% エタノールで固定)は長日条件下(14 時間日長)の約 1.7 mm から約 1.2 mm に短縮した. 葯当たり充実花粉数は葯の短小化にともなって減少し, 葯長が約 1.5 mm, 葯当たり充実花粉数では約 600 個を切ると不稔歩合が上昇に転じた. 葯長は幼穂分化までの期間の長さに加え, 幼穂分化後約 3~9 日間(出穂前 25~19 日頃)の日長条件に大きく影響され, この期間の日長が短日条件になると葯は顕著に短縮し, 葯当たり充実花粉数が減少して不稔歩合が増加した.

キーワード：石垣島, 花粉, 世代促進, 短日, 日本水稻品種, 不稔, 葯.

沖縄県石垣島の圃場条件下で実施される世代促進栽培では, 一期作(3 月播種)においては日本各地の水稻品種は通常の稔性を示すにもかかわらず, 二期作(7 月播種)や晩期作(8 月播種)では感光性が強い関東以西の多くの品種で 10% 以上の不稔を生じる現象が観察されている. 石垣島で発生するこれらの不稔は出穂が一段と早まる晩期作で顕著に多くなることから, 不稔発生には短日条件による大幅な出穂促進が関与する可能性が指摘されている(岡本 2020).

一方, 冬季温室内での加温と春季~秋季における短日処理により実施される日本本土のイネの世代促進栽培(岡部 1966)では, 一般には冷害が発生しない温度を確保したにもかかわらず, イネにしばしば不稔が発生することが知られている(朝隈・石坂 1967, 岡田・西山 1967, 石坂・佐本 1975, 釈ら 1977, 香村 1979). 不稔発生は冷害による淘汰を受けていない晩生種に多いことから冷害不稔との疑いがもたれているが, 気温では解決しない原因不明の不稔とされている(佐々木・鈴木 1972). 不稔発生の要因については, これまでのところ, 全般的な低温や世代促進栽培に伴う密植, 日長制限, 日射量の制限などの「異常条件」あるいは「不良環境」といった様々な要因が挙げられている(菊池 1958, 石坂・佐本 1975, 釈ら 1977, 香村ら 1980). 日本本土の世代促進栽培における不稔が冷害の危険のない温度で発生し, 晩生種で発生が多いという点は石垣島における不稔発生状況と共通しており, ここでも短日条件が不稔発生に関与している可能性がある.

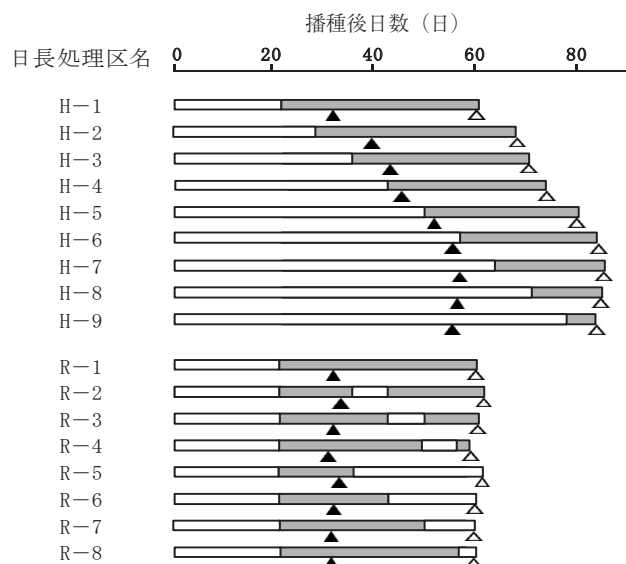
本報では短日条件がイネの稔性に及ぼす影響を明らかにするため, 不稔発生が特に多い九州の育成品種「シンレイ」(岡本 2020)を用い, 短日処理による出穂促進と不稔発生との関連を調査した. イネの障害型不稔について多くの知見がある障害型冷害では最も危険な時期とされる穂ばらみ期(出穂前 12~10 日頃)の他に, 穎花分化期等も低温に

対する感受性があることが知られている. 寺尾ら(1941)は稔実粒数に関しては穎花分化期(出穂 24 日前)と減数分裂直前期(出穂 14 日前)が著しい障害時期であるとしている. 近藤(1943)は低温障害を受けやすい時期として出穂前 22~20 日(幼穂始原体発育初期)と出穂前 10 日頃(減数分裂期)を挙げている. 田中(1962)は稔実障害の起こりやすい時期は出穂前 23~8 日が顕著であり, この時期が穎花始原体分化開始期から花粉外殻形成期に当たるとしている. 和田(1992)は, 出穂前 12~10 日の低温処理区で不稔歩合が高いが, 出穂前約 25 日および出穂・開花期にもわずかであるが不稔歩合が高くなる時期があると述べている. このようにイネの障害型冷害は穂ばらみ期をはじめ生殖成長期全般の温度条件と関連が深いとされていることから, 本報では生育初期から出穂期までの短日処理に加え, 生殖成長期における様々な短日処理が不稔発生に及ぼす影響を調査した. この結果, 短日条件下における不稔発生現象を確認するとともに短日条件がイネの葯や花粉に及ぼす影響について知見を得たので報告する.

材料と方法

1. 供試品種および試験材料の養成

沖縄県石垣市にある国際農林水産業研究センター沖縄支所(現 国際農林水産業研究センター熱帯・島嶼研究拠点)の自然光型人工気象室で試験材料を養成した. 供試品種には, 石垣島の二期作および晩期作で不稔発生が特に多い九州の育成品種「シンレイ」(岡本 2020)を用いた. 1997 年 9 月 29 日に, 佐竹(1972)の方法に準じ, 「シンレイ」の催芽籾を 1/5000a ワグネルポットにポット当たり 12 粒播種した. 反復数は 3 (ポット)とした. 施肥量はポット当たり N, P₂O₅, K₂O, それぞれ 0.65 g, 0.63 g, 0.50 g とした. 自然光型人工気象室の室温は, 8 時~20 時が 30℃, 20 時~8 時が 22℃で, 平均気温 26℃とした.



第1図 到穂期間短日処理区 (H区) および生殖成長期短日処理区 (R区) における日長処理の内訳。

自然光型人工気象室 (昼 30℃, 夜 22℃, 平均気温 26℃) において「シンレイ」をポット栽培 (3反復) した。H-1区とR-1区は共通 (同一処理区)。□は長日処理 (14 h 日長), ■は短日処理 (9 h 日長), ▲は幼穂分化期 (推定: 出穂期 28 日前), △は出穂期を示す。

2. 短日処理の内訳と幼穂分化期の推定

第1図に短日処理の内訳を示した。「シンレイ」は、第6葉 (不完全葉 = 1) が完全に展開するまでの播種後22日間は長日条件下で養成した。短日処理は、到穂期間短日処理 (生育初期から出穂期までの短日処理) と生殖成長期内の短日処理の2通りで行った。到穂期間短日処理区 (H区) では6.0葉期から短日処理を開始し、その後は短日処理の開始時期を1週間ずつ遅らせながら、出穂期にかけて短日処理を行った。生殖成長期短日処理区 (R区) では6.0葉期にすべての試験材料について2週間以上の短日処理を行って一斉に幼穂を分化させた後、生殖成長期を前期・中期・後期 (各1週間) に分けて短日処理を行った。第1図のH-1区とR-1区は共通 (同一処理区) とした。短日処理は自然光型人工気象室内に設置したジャバラ型日長処理装置で行い、8時~17時の9時間日長とした。日長処理装置には給気ファンと排気ファンを設け、日長処理装置内の温度が人工気象室内の室温と同調できるようにした。長日処理は5時30分~19時30分の14時間日長とし、日の出および日没の前後 (5時30分~8時および17時~19時30分) は白熱電球で補光した。夜間の補光時の照度は稲体上部で約200 lxであった。短日区 (第1図のH-1区) および長日区 (第1図のH-9区) の各3個体について星川 (1975) の方法により幼穂の発育程度を観察し、幼穂分化期をそれぞれ出穂前27~28日頃、28~29日頃と推定した。これにより、全処理区の幼穂分化期を出穂前28日頃とみなし、第1図に▲印で記した。

3. 葯の形態、葯長、花粉数、出穂期および不稔歩合の調査

開花期に葯の形態を肉眼で観察した。出穂当日の開花前に各区につき主稈の穂合計5穂を採取して50%エタノールで固定した後、葯長および花粉数の調査に供試した。Satake (1976) の方法に基づき、各穂の上位3枝梗の先端から3, 4, 5番目の穎花から葯をすべて抽出した後、デジタルカメラを装着した実体顕微鏡 (倍率10倍) により葯の形態、葯長 (80葯/区)、花粉数 (20葯/区) を調べた。短日処理により葯が湾曲化したため、葯の映像を実物の10倍に拡大させて印刷させた後、自在曲線定規の目盛り部分を利用して葯長を測定した。花粉数についてはヨード・ヨードカリ液で染色された花粉の粒数 (以下、充実花粉数と呼称) を測定した。出穂期は、各ポットの供試個体のうち半数が主稈から穂の先端をのぞかせた日とした。不稔歩合の調査にはポット当たり8個体の主稈の穂を供試し、触手により調べた。出穂期、不稔歩合は3反復 (3ポット) で調査した。

4. 統計解析

以上の試験で得られたデータは、Microsoft Excel 2013 (Microsoft 社製) のエクセル関数により解析した。各処理区の出穂期および不稔歩合 (逆正弦変換値) は統計ソフト R ver.3.6.1 を用い、分散分析と Tukey の HSD 法により検定した。

結 果

1. 止葉葉齢、到穂日数、不稔歩合、葯長および葯当たり充実花粉数

第1表に、到穂期間短日処理区における止葉葉齢、到穂日数、不稔歩合、葯長および葯当たり充実花粉数を示した。止葉葉齢はH-1区の12.1が最小で、H-6~H-9区の14.2~14.3が最大となった。到穂日数はH-1区が60.7日で最も短く、H-2~H-4区は70日前後で推移し、H-5区は80.7日、H-6~H-9区は85日前後であった。不稔歩合はH-1区が28.3%で最も高く、H-2~H-5区は20%台から10%台に漸減し、H-6~H-9区はいずれも3%以下の低い値を示した。葯長はH-1区が1.22 mmと最短で、H-2~H-4区は1.33 mm~1.35 mmで同程度、H-5区は1.41 mm、H-6区は1.55 mmに漸増し、H-7~H-9区はいずれも約1.7 mmとなった。葯当たり充実花粉数はH-1区が317個と最も少なく、H-2~H-5区は400個台で推移し、H-6~H-9区はそれぞれ671個、727個、784個、830個であった。

第2表に、生殖成長期短日処理区における止葉葉齢、到穂日数、不稔歩合、葯長および葯当たり充実花粉数を示した。止葉葉齢は各区ともほぼ12であった。到穂日数のレンジが59.3~62.3日と処理区間差が小さい中で、R-2区とR-5区の到穂日数は比較的長かった。不稔歩合はR-1区が28.3%、R-8区が24.1%、R-4区とR-7区が21%台、R-3区とR-6区が16~17%程度と高い値を示したのに対

第1表 到穂期間短日処理区 (H 区) における止葉葉齢, 到穂日数, 不稔歩合, 葯長および葯当たり充実花粉数.

日長処理区名	止葉葉齢	到穂日数 (日)	不稔歩合 (%)	葯長 (mm)	充実花粉数 / 葯 (個)
H-1	12.1	60.7 ^a	28.3 ^d	1.22 ± 0.016	317 ± 23
H-2	13.0	68.0 ^b	26.5 ^{cd}	1.33 ± 0.015	449 ± 25
H-3	13.5	71.3 ^b	16.3 ^{cd}	1.33 ± 0.015	423 ± 32
H-4	14.0	74.3 ^{bc}	10.2 ^{bc}	1.35 ± 0.013	474 ± 28
H-5	14.0	80.7 ^{cd}	10.3 ^{bc}	1.41 ± 0.016	457 ± 30
H-6	14.3	84.0 ^d	2.7 ^a	1.55 ± 0.016	671 ± 33
H-7	14.3	86.0 ^d	1.8 ^a	1.68 ± 0.017	727 ± 29
H-8	14.2	85.0 ^d	2.8 ^a	1.69 ± 0.012	784 ± 30
H-9	14.3	84.0 ^d	2.9 ^{ab}	1.70 ± 0.014	830 ± 24

到穂日数および不稔歩合は3反復 (3 ポット) で調査し, Tukey の HSD 検定で有意差を検定. 同じアルファベットが付けられた数値間では5%水準で有意差が認められないことを示す. 止葉葉齢, 葯長, 充実花粉数 / 葯は3 ポット込みの測定値であり, 有意差検定は行っていない. 葯長 (n=80) および充実花粉数 / 葯 (n=20) の数値は, 平均値 ± 標準誤差を示す.

第2表 生殖成長長期短日処理区 (R 区) における止葉葉齢, 到穂日数, 不稔歩合, 葯長および葯当たり充実花粉数.

日長処理区名	止葉葉齢	到穂日数 (日)	不稔歩合 (%)	葯長 (mm)	充実花粉数 / 葯 (個)
R-1	12.1	60.7 ^{ab}	28.3 ^b	1.22 ± 0.016	317 ± 23
R-2	12.0	62.3 ^b	7.3 ^a	1.49 ± 0.017	571 ± 28
R-3	12.1	61.0 ^{ab}	16.0 ^{ab}	1.34 ± 0.016	460 ± 23
R-4	12.2	59.3 ^a	21.1 ^b	1.30 ± 0.018	417 ± 21
R-5	12.2	62.0 ^b	7.8 ^a	1.52 ± 0.018	621 ± 38
R-6	12.0	60.7 ^{ab}	17.6 ^{ab}	1.33 ± 0.019	457 ± 29
R-7	12.1	60.0 ^{ab}	21.8 ^b	1.29 ± 0.017	455 ± 29
R-8	12.2	60.3 ^{ab}	24.1 ^b	1.22 ± 0.015	313 ± 21

到穂日数および不稔歩合は3反復 (3 ポット) で調査し, Tukey の HSD 検定で有意差を検定. 同じアルファベットが付けられた数値間では5%水準で有意差が認められないことを示す. 止葉葉齢, 葯長, 充実花粉数 / 葯は3 ポット込みの測定値であり, 有意差検定は行っていない. 葯長 (n=80) および充実花粉数 / 葯 (n=20) の数値は, 平均値 ± 標準誤差を示す.

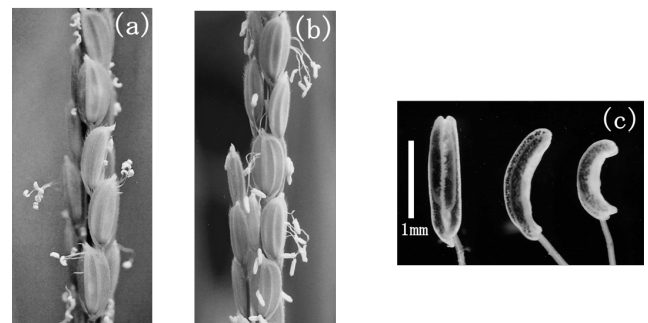
し, R-2 区と R-5 区は7%台と低い値を示した. 葯長は R-1 区と R-8 区がともに 1.22 mm, R-4 区と R-7 区はほぼ 1.30 mm, R-3 区と R-6 区が 1.3 mm 台前半で, R-2 区と R-5 区は約 1.5 mm となった. 葯当たり充実花粉数は R-1 区と R-8 区が 310~320 個, R-4 区, R-7 区, R-6 区, R-3 区が 400 個台前半から半ばであったのに対し, R-2 区は 571 個, R-5 区は 621 個と多かった.

2. 葯の形態と充実花粉数との関係

第2図に, 短日区 (H-1 区) および長日区 (H-9 区) における開花期の葯の形態を示した. 短日区の葯 (第2図 a) は短小で著しく湾曲し, 長日区の葯 (第2図 b) と形態が大きく異なった. 短日区においては葯を構成する葯胞のうち特に小葯胞の発達が不十分で, 葯は小葯胞側に湾曲し, 小葯胞では充実花粉の蓄積が極めて少なかった (第2図 c). 第3図に, 全処理区を込みにした場合の葯長と葯当たり充実花粉数との関係を示した. 両者の間には $R^2 = 0.966^{**}$ (n=16) の極めて高い直線回帰が認められた.

3. 葯長および葯当たり充実花粉数と不稔歩合との関係

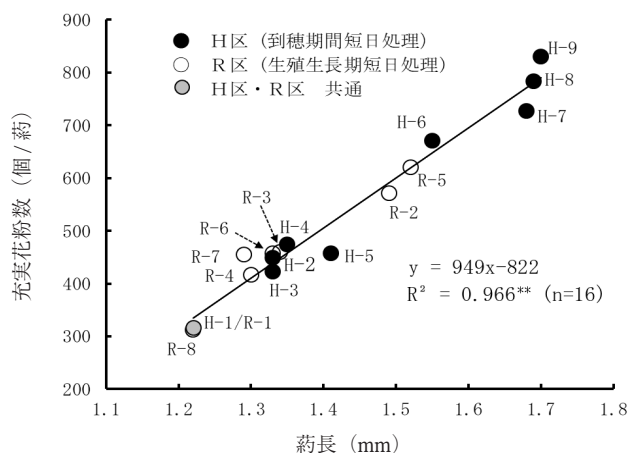
第4図に, 全処理区を込みにした場合の葯長および葯



第2図 開花期における葯の形態.

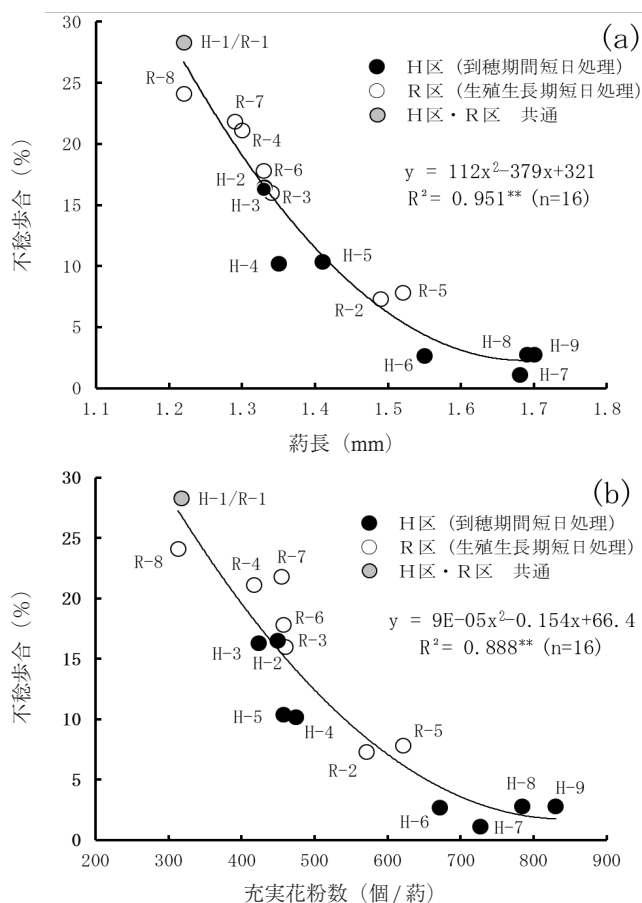
(a) および (b) はそれぞれ, 短日区 (H-1 区), 長日区 (H-9 区) における開花期の葯の形態を示す. (c) は, 出穂当日の開花前に穂を抽出し 50% エタノールで固定した後, ヨード・ヨードカリ液で葯を染色し, 実体顕微鏡 (×10) で撮影した. 長日区 (H-9 区) の葯 (左) に対し, 短日条件下では葯が小葯胞側に湾曲するようになり (中央), 短日区 (H-1 区) では葯の短小化・湾曲化が著しく, 充実花粉の蓄積が劣る (右).

たり充実花粉数と不稔歩合との関係を示した. 不稔歩合は葯長および葯当たり充実花粉数と密接な関係にあり, 葯長では 1.5 mm 台半ば, 葯当たり充実花粉数では 600 個台後半を上回ると不稔歩合は 2~3% と安定して低い値を示し



第3図 葯長と葯当たり充実花粉数との関係。

** は、1%水準で有意であることを示す。



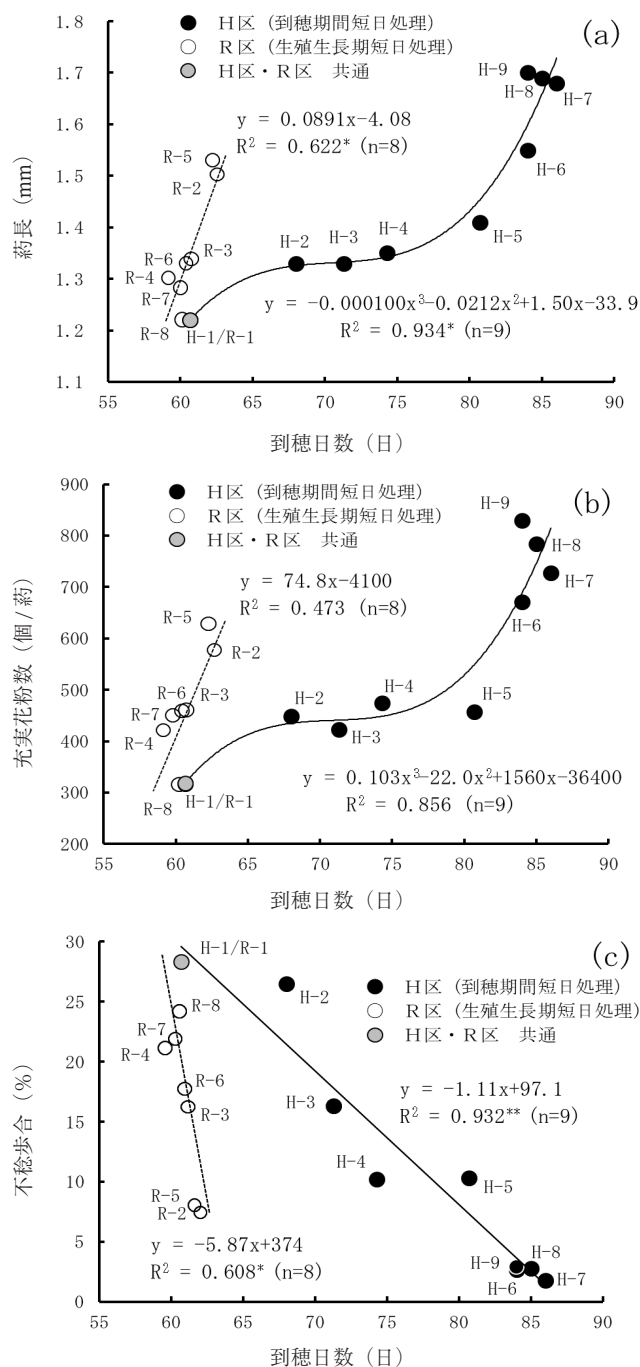
第4図 葯長および葯当たり充実花粉数と不稔歩合との関係。

** は、1%水準で有意であることを示す。

た。逆に、葯長では約1.5 mm、葯当たり充実花粉数では約600個を切ると不稔歩合は上昇に転じた。

4. 到穂日数と葯長、葯当たり充実花粉数および不稔歩合との関係

第5図に、到穂期間短日処理区、生殖成長期短日処理区、それぞれについて到穂日数と葯長、葯当たり充実花粉数お



第5図 到穂日数と葯長、葯当たり充実花粉数および不稔歩合との関係。

** および* は、それぞれ1%および5%水準で有意であることを示す。

よび不稔歩合との関係を示した。到穂期間短日処理区のH-1～H-5区では到穂日数が長くなるにつれて葯長は緩やかに伸長する傾向を示したのに対し、到穂日数が最大長に達したH-6区以降では特にH-7～H-9区で葯の伸長程度が大きかった(第5図a)。到穂日数に対する葯当たり充実花粉数の推移は、葯長の場合と同様の傾向を示した(第5図b)。一方、不稔歩合は到穂日数が長くなるにつれて直線的に減少した(第5図c)。生殖成長期短日処理区では大半

の処理区で葯長および葯当たり充実花粉数は低い値を示したのに対し、R-2区とR-5区では葯長および葯当たり充実花粉数が顕著に増加し（第5図a, b）、不稔歩合は大幅に減少した（第5図c）。

考 察

石垣島におけるイネの世代促進栽培では二期作（7月播種）および晩期作（8月播種）において関東以西の多くの品種で部分不稔を生じることが明らかとなり、短日条件による大幅な出穂促進が不稔の発生に関与する可能性が指摘されている（岡本2020）。本報におけるH-9区からH-1区にかけての短日処理は夏至を過ぎて短日条件が徐々に深まる自然日長を模しており（第1図）、本試験の結果、到穂日数が短くなるにつれて不稔歩合が高まることが実験的に確認できた（第5図c）。

短日処理による不稔の発生程度は、葯長および葯当たり充実花粉数と密接な関係にあり、「シンレイ」では葯長が約1.5 mm、葯当たり充実花粉数では約600個を切ると不稔歩合が上昇に転じた（第4図）。イネの障害型冷害に関する下野（2018）の総説によると、「はやゆき」や「Amaroo」では葯長が1.7 mm以下、葯当たり充実花粉数では700個以下になると正常な受精が起こらず不稔が発生しはじめるとされており、葯長および葯当たり充実花粉数と不稔との関係において、短日下で発生する不稔は障害型冷害と同様な傾向を示した。

第5図aの到穂期間短日処理区（H区）に示したように、葯長は到穂日数が増えるにつれて長くなる傾向があった。しかし、両者の関係は直線回帰ではなく、H-1～H-5区では到穂日数が長くなるにつれて葯長は緩やかに伸長する傾向を示したのに対し、H-6区以降は到穂日数が最大長に達して同等であったにもかかわらず、葯長はH-6区に比べH-7～H-9区の伸長程度が大きかった。

第1表によると、H-1区の到穂日数は60.7日でH-2～H-5区よりも有意に短く、H-2～H-4区の到穂日数はそれぞれ68.0日、71.3日、74.3日で互いに有意差は認められず、H-5の到穂日数は80.7日でH-1～H-3区よりも有意に長く、H-4区とは有意差が認められなかった。一方、H-1～H-5区の葯長はそれぞれ1.22 mm、1.33 mm、1.33 mm、1.35 mm、1.41 mmで、H-1～H-5区における到穂日数の推移と同様の傾向を示した。本試験の日長処理区における生殖成長期の長さは28日前後で同程度と推定されたことから（第1図）、到穂日数の推移は幼穂分化期の推移を反映していると考えられる。以上の結果から、葯長は幼穂分化までの期間（栄養相）の長さと同様の関係にあり、特にH-1区や生殖成長期短日処理区のように生育初期の短日処理により幼穂分化が大幅に促進された場合に葯の短縮程度が大きくなるものと判断できる。

上述したように、到穂期間短日処理区のH-6～H-9区では到穂日数は同程度でありながら、H-7～H-9区の葯長は

約1.7 mmでH-6区の葯長（1.55 mm）を上回っていた。同様に、第5図aの生殖成長期短日処理区ではR-2区およびR-5区の葯長は1.5 mm前後と、他のR区の葯長（1.22～1.34 mm）に比べて顕著な伸びを示していた。H-7～H-9区およびR-2区、R-5区はいずれも幼穂分化後3～9日頃の日長が長日条件であったことから（第1図）、生殖成長期前期（幼穂分化後3～9日頃）の長日条件により葯長が顕著に増加したものと考えられる。本試験における幼穂分化後3～9日頃は出穂前25～19日頃にあたり、星川（1975）の診断法によると、概ね、穎花原基分化開始（出穂前24日）から雄ずい・雌ずい原基分化開始（出穂前20日）の期間に相当する。障害型冷害についてSatake（1989）は、前歴期間（穎花分化期～小孢子初期）の水温の低下や小孢子初期における冷温処理により、葯長や葯当たり充実花粉数が減少することを報告している。和田（1992）は前歴水温の上昇に伴って葯長が長くなることから、前歴水温による耐冷性の変動は葯の機能の変動によるものと推定している。これらの報告および本試験の結果は、葯長が生殖成長期の環境条件（日長の場合は特に生殖成長期前期）の影響を受けやすいことを示すものであろう。

日本本土のイネの冬季世代促進栽培における不稔発生の様相について、宮崎ら（1961）は葯の裂開の難易に品種間差異を認め、葯が大きく黄色を呈しているものは概して裂開しやすく、反対に葯が短小で白色か半透明を呈し、湾曲しているものは一様に裂開しにくい傾向があることを報告している。石坂・佐本（1975）は冬季世代促進栽培における低稔性品種群では葯の色が淡く、形も小さく湾曲しているものが多いことを観察している。本報では葯の色調や裂開の様子は確認していないが、葯の形態はこれらの報告と一致しており（第2図）、日本本土の世代促進栽培におけるイネの不稔発生にも短日条件が関わることを強く示唆している。河野（1934）は人工交配に伴う短日処理が品種によっては葯の裂開に影響を及ぼすことを報告しており、本報で明らかにした短日条件下における葯の形態と葯の裂開との関連について今後、検討する必要がある。

日本本土における世代促進温室内では、しばしばイネが自然交雑することが報告されている。宮崎ら（1965）は夏季に短日処理をした世代促進栽培で品種混合集団を養成したところ、世代の経過とともに自然交雑と思われる未知の個体が出現することを認め、これが固定度を早く高めようとする世代促進操作の支障となるとしている。香村ら（1980）は世代促進温室内でみられる自然交雑の主因として低温や密植等の不良環境に基づく花粉形成の異常による不稔もみの発生を挙げている。上述したように、日本本土の世代促進栽培で発生する不稔に短日条件が関わりとすれば、本報における生殖成長期短日処理区のR-2区やR-5区のように幼穂分化直後に長日処理を施すことにより（第1図）、不稔発生を大幅に軽減できる（第5図c）可能性がある。ちなみに「シンレイ」では、6葉期から9時間日長

の短日処理を開始した場合、幼穂分化に必要な日数は10～11日程度と推定される(第1図)。

以上のように本報では九州品種「シンレイ」を用い、短日条件により不稔が発生することを実験的に確認するとともに、不稔発生が短日条件下における葯の形態や葯当たり充実花粉数と密接に関わることを明らかにした。石垣島の二期作および晩期作では「シンレイ」と同様に晩生品種でありながら、「ミナミニシキ」「ユメヒカリ」などのように不稔発生が少ない品種が存在する(岡本2020)。次報では、葯長の品種間差および作期間変動に着目し、短日条件下における不稔発生の品種間差の要因について検討する予定である。

引用文献

- 朝隈純隆・石坂昇助 1967. 水稻の世代促進方法について. 第1報 特殊苗箱栽培による集団の養成方法と2,3の問題点. 日作北陸支報 3: 1-3.
- 星川清親 1975. イネの生長. 農文協, 東京. 232-233.
- 石坂昇助・佐本四郎 1975. 水稻育種における世代促進栽培法に関する研究. 北陸農試報 18: 45-94.
- 菊池文雄 1958. 水稻の世代促進に関する1実験. 酒井寛一・高橋隆平・明峰英夫編, 植物の集団育種法研究. 養賢堂, 東京. 233-238.
- 香村敏郎 1979. II 稲の品種改良を語る. 4 世代促進法の諸問題. 瀬古秀生監修, 続・稲の品種改良. 全国米穀配給協会, 東京. 389-391.
- 香村敏郎・高松美智則・釈一郎・伊藤和久 1980. 世代促進温室におけるイネの自然交雑. 育種学雑誌 30: 217-224.
- 河野肇 1934. 稲の交配操作上注意すべき二三の事項に就いて. 農及園 9: 2253-2256.
- 近藤頼己 1943. 水稻の冷害現象に関する実験的研究. 第4報 幼穂期の寡照低温に因る稔実障害に就て. 農及園 18: 710-714.
- 宮崎公市・西尾敏男・香村敏郎・伊藤俊雄 1961. 水稻育種における世代促進に関する研究. 第1報 交配期の繰上げについて. 愛知農試彙報 17: 1-7.
- 宮崎公市・西尾敏男・香村敏郎・伊藤俊雄・此本春夫 1965. 水稻育種における世代促進に関する研究. 第6報 品種混合集団に及ぼす世代促進操作の影響について. 愛知農試彙報 19: 7-11.
- 岡部四郎 1966. 作物の世代促進栽培による育種. 生物環境調節 4: 22-33.
- 岡田正憲・西山寿 1967. 水稻育種における世代促進法について. (第1報) 温度・日長処理をした温室周年栽培における水稻品種の生態変異. 九州農業研究 29: 46-48.
- 岡本正弘 2020. 石垣島の世代促進栽培で発生する日本水稻品種の部分不稔. 日作紀 89: 172-178.
- 佐々木武彦・鈴木啓司 1972. 世代促進温室で発生する水稻の不稔に関する研究. I. 不稔発生の原因について. 育種 22 (別 1): 189-190.
- 佐竹徹夫 1972. イネポット栽培の改良法—生育時期の揃った穂を得るために—. 日作紀 41: 361-362.
- Satake, T. 1976. Determination of the most sensitive stage to sterile-type cool injury in rice plants. Res. Bull. Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn. 113: 1-44.
- Satake, T. 1989. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. XXIX. The mechanism of enhancement in cool tolerance by raising water temperature before the critical stage. Jpn. J. Crop Sci. 58: 240-245.
- 釈一郎・朱宮昭男・香村敏郎・高松美智則・谷口学・芳賀光司 1977. 水稻育種における世代促進に関する研究. (第10報) 世代促進条件下でみられる不稔の発生と二・三の要因. 愛知農試研報 A9: 25-38.
- 下野裕之 2018. イネの障害型冷害. 日作紀 87: 113-124.
- 田中稔 1962. 水稻の冷水並びに出穂遅延障害に関する研究. 青森農試研報 7: 1-107.
- 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.
- 和田定 1992. 水稻の冷害. 養賢堂, 東京. 45-46, 235-236.

Sterility of Japanese Rice Variety “Shinrei” Grown under Short-day Conditions : Masahiro OKAMOTO and Takahiro HARA (*Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, NARO, Chikugo, Fukuoka, 833-0041, Japan*)

Abstract : The Japanese rice variety “Shinrei” from the Kyushu region was subjected to short-day (9-h daylength) and long-day (14-h daylength) treatment in a phytotron with a day/night temperature regime of 30/22°C. Under the long-day and short-day conditions, the heading time was 85 days and 60 days, respectively; and, the percentage of sterility was 3% and 28%, respectively. Under the short-day condition, the anther was bent and was about 1.2 mm in length, while under the long-day condition the anther was about 1.7 mm in length. An increase in sterility was observed when the anther was shorter than about 1.5 mm and the number of pollen grains per anther was less than about 600. The anther length was affected by day-length from 3 to 9 days after panicle initiation as well as by days to panicle initiation. Short-day treatment during this period decreased the panicle length and number of pollen grains per anther, resulting in an increase in the percentage of sterility.

Key words : Anther, Ishigaki Island, Japanese rice variety, Pollen, Rapid generation advancement, Short-day, Sterility.