

中国産ジャポニカ水稻「春江06」のセジロウンカ抵抗性機作*

寒川 一成¹⁾・劉 光傑²⁾・滕 凱²⁾・林 慧芳³⁾・沈 麗麗⁴⁾

(¹⁾国際農林水産業研究センター・(²⁾中国水稻研究所・(³⁾江西農業大学・(⁴⁾南京農業大学)

Mechanisms of varietal resistance to the whitebacked planthopper in a Chinese japonica rice “Chengjiang 06” Kazushige SOGAWA¹⁾, LIU Guangjie²⁾, TENG Kai³⁾, LIN Huifang³⁾ and SHUN Lili⁴⁾ (¹⁾Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Ibaraki 305-8686, ²⁾China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, ³⁾Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, ⁴⁾Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095)

Mechanisms of varietal resistance to the whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*, in a Chinese japonica rice “Chengjiang 06 (CJ-06)” were investigated in comparison with a susceptible hybrid rice “Shanyou 63 (SY-63)”. Field experiments revealed definite field resistance of CJ-06 to *S. furcifera*. The immigrants exhibited non-preference to CJ-06 and failed to establish progeny, whereas they preferred to settle and reproduced CT-06 well on SY-63. Under a free-choice condition, significantly fewer individuals alighted on CJ-06 than did on SY-63. Significantly less honeydew excretion by *S. furcifera* females on CJ-06 than on SY-63 indicated suppressed sucking on CJ-06. Both fecundity and egg hatchability were greatly reduced on CJ-06 as compared with those on SY-63, when newly emerged females were fed on CJ-06. The fertility of *S. furcifera* on CJ-06 was only about one tenth of that on SY-63. *S. furcifera* eggs suffered high mortality in watery lesions at oviposition sites on CJ-06. The watery lesions rapidly led to the formation of conspicuous necrotic symptoms before the eggs hatched. The egg mortality in the watery lesions occurred within 1-2 days after oviposition. Such watery lesions seldom occurred in SY-63, where the egg mortality was very low. It is concluded that sucking suppression and ovicidal reaction are the critical components for the *S. furcifera* resistance of CJ-06, which is expressed as not only antixenosis against *S. furcifera* immigrants, but also antibiosis to reduce fecundity and egg hatchability of inhabitants, respectively.

Key words: whitebacked planthopper, *Sogatella furcifera*, rice, japonica variety, insect resistance

セジロウンカ *Sogatella furcifera* は、熱帯アジア各地に広く分布するが、夏期には南西モンスーンに運ばれて、東アジアの温帯圏にも飛来侵入する長距離移動性の水稻害虫である(寒川・高橋, 1998)。中国では、1980~90年代にインディカ型の多収性ハイブリッド品種が急速に

普及する中で、セジロウンカはハイブリッド水稻を加害する主要な害虫になった(蔡順福・鐘梅玉, 1980; 馮永新・黄運邦, 1983; 馬慧坤ら, 1983; 張良佑ら, 1987; 胡国文ら, 1992; 黄次偉ら, 1994)。ハイブリッド水稻の作付面積率が高い華南では、1985年頃を境にイネウンカの優占種がトビロウンカからセジロウンカに置換した(林裕正, 1994)。華南のハイブリッド水稻で多発したセジロウンカは、長距離移動により華中東部の水田地帯でも多発している(黄次偉ら, 1982; 梁家榮・陳学礼, 1990; 張夕林ら, 1998)。さらに、日本へ飛来するセジロウンカが増加し、暖地水稻の生育初期害虫としての重

*本研究は、平成9年に発足した日中共同研究プロジェクト「中国における主要食料資源の持続的生産及び高度利用技術の開発」の一環として、中国水稻研究所で実施中の日中共同研究項目「中国における移動性イネウンカ類の総合管理技術の開発」に関する成果の一部である。

要性が増している (寒川, 1992)。イネウンカ類に著しく感受性であるハイブリッド水稻の栽培地域では、生育前期のセジロウンカの防除が慣行化し、殺虫剤の施用量が増加した (楊金生・胡建章, 1984; 馮永新・黃運邦, 1983)。その結果、本種に各種の有機燐殺虫剤に対する抵抗性が発達し (ENDO *et al.*, 1988; 遠藤, 1989; 毛立新・梁天錫, 1992), さらにトビイロウンカを主体とする水稻害虫の誘導多発 (リサージェンス) が報告されている (韋江ら, 1993; 王蔭長ら, 1994; 張内河ら, 1996)。ハイブリッド品種の普及に伴うセジロウンカが多発化によって慣行化した殺虫剤散布は、水田生態系の生物多様性を損ない、持続的な生産環境を損なう怖れがあると指摘され、改めて天敵を重視し、抵抗性品種を活用した生態系保全型の作物保護技術の必要性が訴えられている (錢漢良ら, 1991; 広東省農科院植保所, 1994; 黃志農ら, 1998; 王金揮, 1998)。中国農業部は虫害抵抗性品種の作付面積率を、2002年までに70%に上げる方針を表明している (農業部, 1992)。

本研究では、中国産ジャポニカ品種春江06が圃場で示す高度なセジロウンカ抵抗性の機作を、セジロウンカの生理生態反応面から分析した結果をまとめ、その実用的有用性を指摘した。

材料及び方法

1. 供試品種

一連の試験には、セジロウンカに対する抵抗性が顕著に異なる2品種、春江06と油優63を用いた。

春江06は、中国水稻研究所で半矮性、多収、良質、病害抵抗性の晩生ジャポニカ品種として1994年に育成された (呉明国・林建榮, 1995)。育成に供試された中間母本は、育成の初期段階で IR28 と交配されているが、詳細な交配選抜経過は記録されていない。春江06は、セジロウンカ抵抗性品種として育成された品種ではないが、1996年以来、日中共同研究チームの発生予察田で、代表的な現地ジャポニカ品種として無防除慣行栽培する過程で、セジロウンカに対して強い圃場抵抗性を示すことを発見した。試験には中国水稻研究所で採取した種子を供試した。

対照品種として供試した油優63は、雄性不稔系統珍油97A と、IR30 を母本とする稔性回復系統明恢63との交配によって、1986年福建省で育成されたインディカ型のハイブリッド品種である (謝華安ら, 1987)。イネウンカ類に対して著しく感受性であるが (Yu and Wu, 1991)、広域適応性と多収性により、今日、華南華中で最も普及している水稻品種の一つである (謝華安ら, 1996)。試

験には富陽県種子会社の市販種子を供試した。

上記2品種の他に、一部試験で比較のためにハイブリッド品種協優9308, インディカ品種 V989, ジャポニカ品種春江11と春江早1号を供試した。

試験方法

1. 圃場発生調査

1996~1998年に、播種1ヶ月後の春江06と油優63の成苗を6分画された13aの調査田の各1区に、6月16~22日に18×24cm間隔で1本ずつ手植えて移植した。両品種区のセジロウンカ雌成虫の株当たり密度を、7月中旬までの分げつ初期までは100~200株、以後は20~50株について見取り調査した。ウンカが多飛来した1996年には、一部、払い落とし法とすくい取り法を併用し、発生密度を比較した。

2. 品種選好性試験

圃場調査: 1996年6月22日に移植した春江06, 油優63, V989, 協優9308区で、ウンカが多飛来した直後の6月27日に、各区からランダムに10株選び、セジロウンカ長翅型雌成虫数を見取り調査した。

室内試験: 発芽後10日目の春江06, 油優63, V989, 協優9308の稚苗を、縦横32cm×50cm, 深さ11cmのプラスチックケースに、1本植えて、各品種2株ずつ等間隔に移植した。移植2週間後に主稈以外の分げつを切除した後、縦横60cm×100cm, 高さ80cmのネットケージで覆い、内部に約100頭のセジロウンカの長翅型雌成虫を放飼した。放飼1日後に各品種上の虫数を記録した後、供試稲からウンカを払い落とし、1日後再び各品種上の虫数を記録した。同操作を4回繰り返し、ウンカの品種選好性を反復調査した。

3. 甘露排出量の測定

パラフィルム小袋 (約2cm×3.5cm) で、セジロウンカの蔵卵雌成虫を1頭ずつ、分げつ初期の春江06と油優63の主稈の葉鞘最上部に24時間封じ吸汁させ、小袋内に排出された甘露を化学天秤で秤量した。各品種について毎回25~125頭の雌成虫を用いて、実験を3回反復した。

4. 産卵数とふ化幼虫数の調査

春江06と油優63の発芽苗を、直径7cm, 高さ9.5cmのプラスチックカップに1本ずつ移植し、屋外で約3週間栽培後、直径6cm, 高さ40cmの窓付きのプラスチック製円筒ケージで覆い、羽化後1日以内のセジロウンカの長翅型雌成虫と、羽化後1日以上雄成虫を1対ずつ放飼した。各品種について10頭の雌成虫を供試した。ウンカを放飼した稲苗は、27°C, 12時間照明の恒温器内に静置し、

雌成虫の生死、蔵卵による腹部の肥大状態を毎日記録した。雄成虫が死亡した場合には、新たな雄成虫を補充し、供試雌成虫が死亡するまで試験を続けた。6日毎に稲苗を交換した。交換した稲苗は27°C、12時間照明の恒温器内に置き、ふ化幼虫数を毎日記録し、ふ化終了後の8日目に苗を実体顕微鏡下で解剖し、未ふ化卵数を調査した。

5. 発育卵率と産卵部位の組織変化の調査

圃場調査：1998年6月19日に移植した春江06, 油優63, 春江11, 春江早1号区から、飛来次世代幼虫のふ化開始時期(7月5日)に、産卵痕のある葉鞘を10~20本抽出し、70%アルコールで固定後、実体顕微鏡下で葉鞘を解剖し、葉鞘当たりの卵数と、黄斑・眼点を持つ発育卵率を調べた。

室内試験：発芽苗をプラスチックカップに1本ずつ移植し、約1ヶ月栽培した春江06, 油優63, 春江11, 春江早1号の主稈の葉鞘最上部に、パラフィルム製の小袋(約2cm×3.5cm)を装着し、小袋内に蔵卵したセジロウカ雌成虫を1頭ずつ封入し、室温(25~32°C)で24時間吸汁産卵させた。その後、パラフィルム小袋と共にウンカを除去し、産卵部位の組織変化を6日間観察した。産卵6日後に産卵部位を含む葉鞘上部を70%アルコールで固定し、実体顕微鏡下で産卵数と発育卵率を調査した。各品種10株ずつ供試した。

6. 産下卵の発育経過の調査

産卵数とふ化幼虫数の調査と同様の方法で、セジロウカ蔵卵雌成虫に1日だけ産卵させた各約100株の春江06と油優63を室温(28~30°C)に静置し、産卵後1日目から6日目まで、毎日各品種10数株を抽出し、直ちに実体顕微鏡下で解剖し、胚子発育状態を黄斑期と眼点期に注目し(奈須・末永, 1956)、比較調査した。同試験を2回反復した。

結 果

1. 春江06区と油優63区におけるセジロウカの発生経過

1996年6月19日~7月4日に、セジロウカが多飛来し、6月22日移植の春江06区と油優63区に侵入した。6月27日に春江06区の長翅型雌成虫の株当たり平均密度は4.9頭であったが、油優63区では19.4頭に達した(第1図上)。7月第2半旬にふ化幼虫が出現した。7月7日に抽出した春江06と油優63の葉鞘当たりの平均卵数は、それぞれ49個と140個であった。7月18日、春江06区と油優63区の株当たり中老齢幼虫数は、払い落とし法による概数で、それぞれ約15頭と250頭であった。成虫の羽

化最盛期の7月26日に、春江06区と油優63区の草冠部を、捕虫網(直径36cm)で20回振って採取した羽化成虫数は、それぞれ約70頭と1850頭であった。春江06にはセジロウカによる被害は認められなかったが、油優63の初期生育は著しく阻害された。羽化成虫の移出とともに個体群は急速に消滅し、増殖第2世代幼虫は発生しなかった。

1997年、6月12~13日に移植した両品種区では、イネの生育初期に直接侵入するウンカの飛来波がなく、移植前に飛来したウンカが、周辺の水田から少数移入したのみであった。6月23日、春江06区と油優63区における長翅型雌成虫の株当たり平均密度は、それぞれ0.15頭と0.55頭であった(第1図中左)。7月22日、春江06区と油優63区で羽化した次世代短翅型雌成虫の株当たり平均密度は、それぞれ0.01頭と0.55頭であった(第1図中右)。

1998年、少数のウンカが6月18~20日と25~27日に飛来し、6月19日移植の両品種区に侵入した。移植1週間後の春江06区と油優63区のセジロウカ長翅型雌成虫の株当たり平均密度は、それぞれ0.15頭と0.80頭であった(第1図下左)。以後、飛来が途絶え、棲息密度は漸減した。7月上旬に幼虫がふ化し始めた。7月24日、次世代の短翅型雌成虫の株当たり平均密度は、春江06区で0.03頭、油優63区で1.10頭であった(第1図下右)。

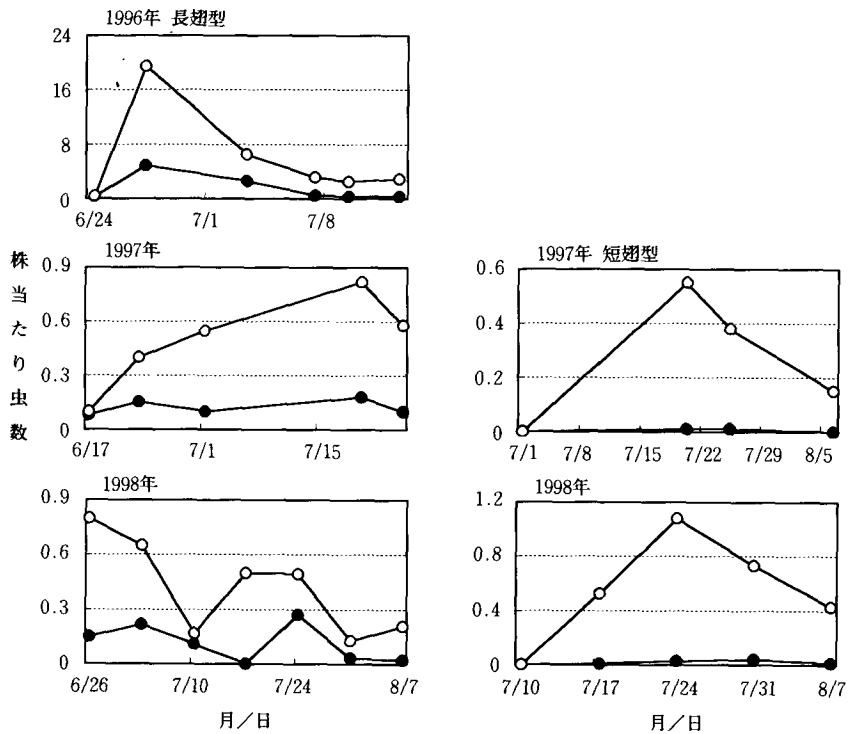
2. 品種選好性

圃場調査：移植5日後、春江06, 油優63, V989, 協優9308区に、飛来侵入したセジロウカ雌成虫の平均密度は、それぞれ、4.9頭, 13.1頭, 6.1頭, 18.4頭であった。飛来虫の供試品種に対する選好性に有意な品種間差が認められ、春江06とV989は抗寄生性を示した(第2図上)。

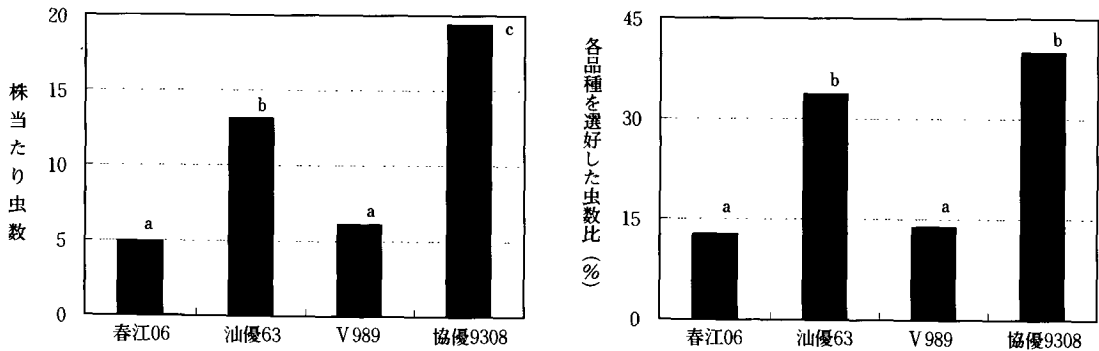
室内試験：室内ケージ試験では、放飼1日後、供試稲上に寄生した長翅型雌成虫の内、72~76%の個体がハイブリッド2品種、油優63と協優9308, に分布し、春江06には8~19%, V989には9~20%の個体が分布したのみであった。セジロウカは、圃場調査の結果と同様な品種選好性を示し、春江06とV989に対する抗寄生性が再確認された(第2図下)。

3. 吸汁反応

分げつ初期の春江06と油優63の葉鞘上部を吸汁した蔵卵雌成虫は、それぞれ1日当たり平均4.8mgと17.4mgの甘露を排出した(第3図)。春江06上では、75.6%の供試個体の甘露排出量が5mg以下であり、16mg以上の甘露を排出した個体はわずか4.8%に過ぎなかった。一方、油優63上では、甘露排出量5mg以下の個体は17.9%で、



第1図 1996～1998年に無防除予察水田で栽培された春江06 (黒丸) および汕優63 (白丸) におけるセジロウカの長翅型 (左図) および短翅型 (右図) 雌成虫の株当たり平均棲息密度の推移



第2図 圃場試験 (左図) と室内ケージ試験 (右図) における、春江06、汕優63、V989、協優9308のセジロウカ長翅型雌成虫に対する抗寄生性の品種間差異
各図中、同記号を付した品種間には、Tukeyの多重比較検定法でウカの寄生数に有意差がなかったことを示す。

16mg以上の甘露を排出した個体が49.5%を占めた。

4. 春江06と汕優63での蔵卵・産卵・幼虫ふ化

分けつ初期の春江06と汕優63に、羽化直後放飼した長翅型雌成虫は、放飼後2～3日から腹部の肥大が始まった。春江06上では放飼後9～14日 (平均11.0±1.8日)、汕優63上では7～9日 (平均8.1±0.7日) から幼虫がふ化し始めた。幼虫ふ化期間 (みかけの産卵期間) は、前

者で2～9日間 (平均5.6±2.4日間)、後者で4～15日間 (平均9.5±4.1日間)であった。春江06と汕優63上での1雌成虫当たりの平均ふ化幼虫数は、それぞれ7.3±8.4頭と78.9±40.2頭、未ふ化卵数は、34.4±21.1個と54.7±39.3個であった。従って、春江06と汕優63上での成虫1頭の平均産卵総数は、それぞれ42.4±21.9個と133.6±7.6個、ふ化率は、20.1±18.1%と64.5±21.6%であ

た。両品種上でふ化幼虫数が多かった5例についてのみ、日別ふ化幼虫数を第4図に示した。

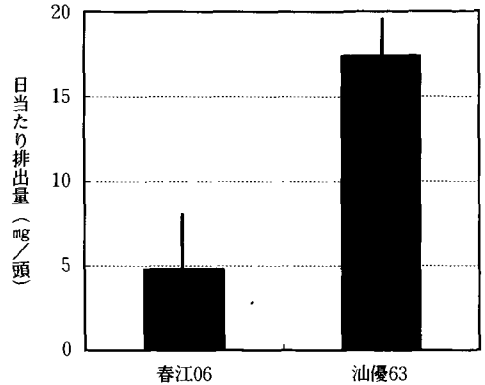
5. 発育卵率の品種間差異と産卵部位の組織変化

圃場調査：春江06, 油優63, 春江11, 春江早1号の移植田で、幼虫ふ化開始期(移植後16日)に抽出した各葉鞘中のセジロウカ卵の発育卵率は、それぞれ6.6%, 56.4%, 11.0%, 36.2%であり、品種間に有意差があり、春江06と油優63との差異が特に顕著であった(第5図上)。なお、各品種の葉鞘当たりの平均卵数は、それぞれ17.5個, 29.5個, 42.5個, 85.1個で、春江06中の卵数が最も少なかった。

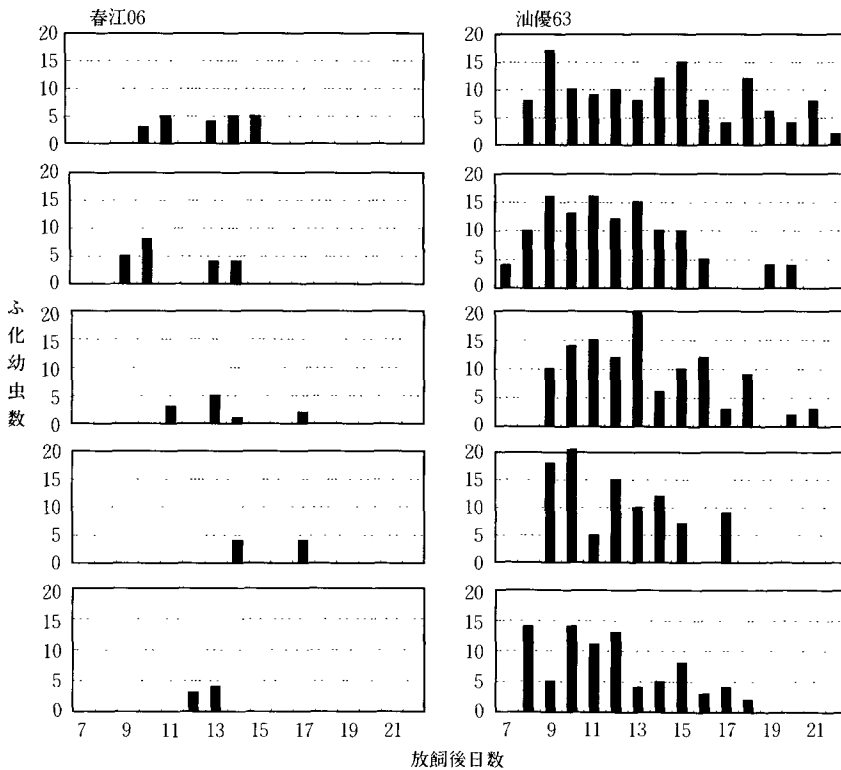
室内試験：分けつ初期の春江06, 油優63, 春江11, 春江早1号の葉鞘に、蕨卵雌成虫に1日間産卵させた結果、各品種での平均卵数は、それぞれ 25.7 ± 9.0 個, 35.0 ± 10.5 個, 26.0 ± 4.6 個, 31.3 ± 9.8 個であった。産卵6日後の発育卵率(眼点卵+ふ化卵の割合)は、それぞれ4%, 89%, 28%, 72%であった(第5図下)。特に春江06と油優63の発育卵率に顕著な有意差があった。

産卵部位の組織変化：セジロウカ雌成虫は、ほとん

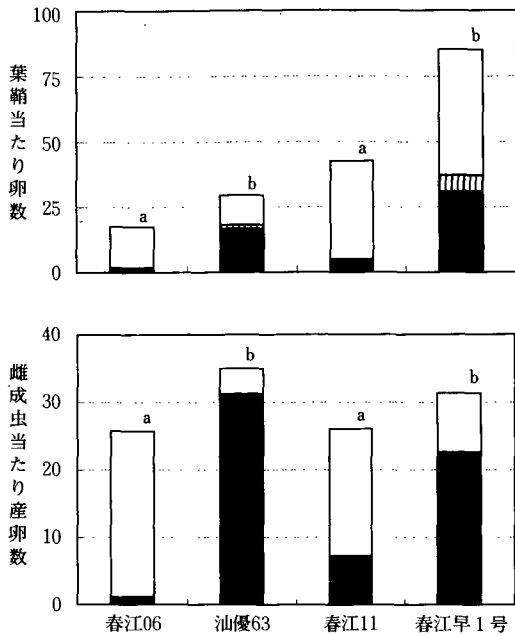
どの場合(84~95%)、葉鞘の中肋の左右第3~4葉脈間表皮から産卵管を挿入し、中肋付近の破生通気腔内に産卵した。春江06では、第4葉脈間から産卵管を挿入する頻度が最も高かったが(53%)、油優63, 春江11, 春江早1号では、



第3図 分けつ初期の春江06と油優63を吸汁したセジロウカ長翅型雌成虫1頭が1日に排出した甘露重の平均値 (mg) カラムに付したバーは3反復の平均値の95%信頼区間を示す。



第4図 分けつ初期の春江06 (左) と油優63 (右) で、羽化直後から個体飼育したセジロウカ長翅型雌成虫の各1頭が産生した次世代幼虫の日別ふ化幼虫数の推移、横軸は羽化成虫放飼後の日数を示す。両品種についてふ化幼虫数が多かった5例のみを例示した。



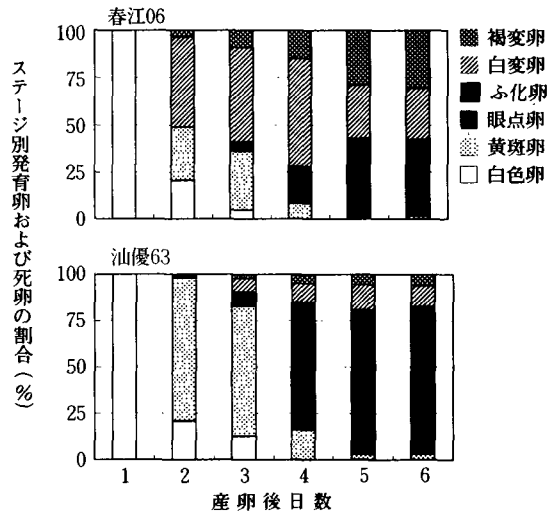
第5図 調査水田から抽出した春江06, 汕優63, 春江11, 春江早1号の葉鞘に現存したセジロウカ卵の総数と発育卵数(上図), および室内試験で同4品種の葉鞘に産卵させた場合の総産卵数と発育卵率の品種間差異(下図)同記号を付した品種間には, Tukeyの多重比較検定法で発育卵率に有意差のないことを示す。各カラムの黒, 白, および縦線部分は, それぞれ発育卵, 死卵, 寄生卵の割合を示す。

第3葉脈間からの挿入頻度が最も高かった(56~67%)。

産卵1日後, 春江06, 春江11, 春江早1号では, 卵を産み込まれた破生通気腔の周辺が液浸状態となり, 表皮下に液浸斑を形成した。液浸の程度は, 春江06で最も強く, 被産卵領域を含む葉鞘の両側に拡散し, 液浸化は2日後に一層進行した。3日後, 液浸斑が黄変し始め, かつ上下に伸長した。4~5日後には, 表皮の産卵傷周縁が強く褐変し, 液浸部分の黄~褐変が進行した。春江11では産卵1日後, 春江06と同様な液浸斑が生じたが, 2日後には薄れ, 3日後にはほとんど消失した。その後, 産卵傷の褐変と液浸部分の黄変が見られたが, 春江06よりも軽度であった。春江早1号の液浸斑は局所的で, 2日後には消失し, 液浸部位がわずかに黄変し, 短線状の産卵傷が黄褐変したのみであった。汕優63では液浸化は全く生じず, 産卵傷がわずかに黄褐変したのみであった。ジャポニカ3品種間で, 産卵部位の液浸化と褐変の程度に, 著しい差異があった。

6. 春江06と汕優63に産まれた卵の胚子発育

セジロウカのカメムシ雌成虫の日当たり平均産卵量は,



第6図 春江06(上図)と汕優63(下図)に産下されたセジロウカ卵の胚子発育状態の日変化。横軸は産卵後の日数, 縦軸は胚子発育段階を異にする卵および死卵の百分率を示す。

春江06では3~4卵塊, 18~22卵で, 汕優63では5~6卵塊, 32~34卵であった。室温約30℃で, 春江06と汕優63に産まれた卵からは, それぞれ5~8日(平均5.9±0.7日)と4~7日(平均5.8±0.6日)後に幼虫がふ化し, 両品種とも産卵6日後に60~70%の幼虫が集中的にふ化した。

産卵1日後の正常な発育卵は無色半透明であったが, 産卵2日後に黄斑が生じ始め, 3日後には黄斑期の卵が最多となると同時に, 眼点が現れ始め, 4~5日後に大部分の生育卵は眼点期に達した(第6図)。正常な発育卵の他に, 産卵2日以後, 白色不透明に変性した死卵(白変卵)や黄褐変した死卵(褐変卵)が出現した。特に, 春江06では, 白変卵と褐変卵の比率が高く, 第1試験では60~80%, 第2試験では40~60%に達した。一方, 汕優63での死卵率は第1試験で10~20%, 第2試験で0~5%であった。

春江06については, 第1試験では86%, 第2試験では68%の葉鞘の産卵部位に液浸斑が生じ, 2~3日後に黄褐変した。しかし, 汕優63では産卵部位が液浸, 変色した葉鞘は5~9%に過ぎなかった。

考 察

1. セジロウカに対する春江06の圃場抵抗性

セジロウカは栄養生長期の若い水稻を好み, 移植後早い時期に長翅型成虫が飛来侵入した場合, 生育前期の

稲で1~2世代増殖した後、分げつ最盛期~出穂開花期に移出する(久野, 1968)。穂数型ジャポニカ品種に対するセジロウカ加害では、第2世代個体群の吸汁による穂数と籾数の減少が、主たる減収要因になっている(清田・奥原, 1990; 井上・田中, 1991; 渡邊・寒川, 1994)。華中東部では、本種の飛来盛期が6月中旬から7月下旬であるため、晩生の早稲および中・晩生の1季稲で多発生する(白背飛虱種群発展と生態研究協作組, 1992)。そこで、飛来盛期である6月中下旬に春江06と汕優63を移植した無防除予察田で、セジロウカの発生動態を比較した。その結果、6月下旬~7月上旬に、春江06区に侵入した長翅型雌成虫の密度は、汕優63区のそれに較べて常に低かった。セジロウカが多飛来した1996年には、7月中下旬に、汕優63区で次世代幼成虫が大発生したが、春江06区で発生した幼虫数と成虫数は、汕優63区の1/15および1/26で、春江06に被害は生じなかった。また、少飛来・少発生で2世代型の発生型を示した1997, 1998年には、汕優63区で7月下旬に短翅型雌成虫が羽化した。春江06区ではほとんど発生しなかった。これらの圃場調査の結果から、春江06がセジロウカに対して、抗寄生性(antixenosis)あるいは抗生性(antibiosis)による圃場抵抗性を持つことが明らかであった。

2. セジロウカに対する春江06の抗寄生性

国際稲研究所(IRRI)では、1971年から始められた幼苗集団検定法(HEINRICHS *et al.*, 1985)によって、主としてパキスタン、ネパール、インド産のインディカ品種の中から、セジロウカ抵抗性品種が発見され(ROMENA *et al.*, 1986)、5つの抵抗性遺伝子(*Wbph 1*, *Wbph 2*, *Wbph 3*, *wbph 4*, および *Wbph 5*)が同定された(SIDHU *et al.*, 1979; ANGELES *et al.*, 1981; HERNANDEZ and KHUSH, 1981; NAIR *et al.*, 1982; SAINI *et al.*, 1982; WU and KHUSH, 1985; ANGELES *et al.*, 1986)。同様の検定法で、中国雲南省、江西省、安徽省の地方品種からも、セジロウカ抵抗性と判定される品種が見つかった(李西明ら, 1987; 胡国文ら, 1988; 李西明ら, 1996)。広東省の地方品種中に約0.4%含まれるセジロウカ抵抗性品種は、インディカ型の晩生梗(うるち)品種中に偏在していた(譚玉娟ら, 1990)。セジロウカ高度抵抗性の台湾在来品種Nabeshiも、インディカ品種である(胡国文ら, 1989; 李西明ら, 1996)。

これらのセジロウカ抵抗性インディカ品種は、セジロウカに対して抗寄生性を示すと共に、ウカ吸汁、生存、発育、産卵、ふ化、個体群増殖を抑制阻害する抗生性を持つ(HEINRICHS and RAPUSAS, 1983; KHAN

and SAXENA, 1984; SAXENA and KHAN, 1984; KHAN and SAXENA, 1985; GUNATHILAGARAJ and CHELLIAH, 1985; MISHRA and MISRA, 1991; LIU *et al.*, 1994; 劉芳, 1998)。インディカ品種のセジロウカに対する抗寄生性と抗生性の根本的な共通要因として、抵抗性品種の吸汁抑制・阻害要因を指摘できる。一方、温帯アジア産のジャポニカ品種からは、幼苗集団検定法でセジロウカ抵抗性と判定される品種は見つかっていない。しかし、IR28と交雑育成されたジャポニカ型品種‘丙620(秀水620)’や、野生稲と自然交雑したジャポニカ型品種‘包選2号’等が、セジロウカに圃場抵抗性を示すことが知られている(肖英方・杜正文, 1989; 陳潔明ら, 1989; 俞曉平ら, 1991)。本研究に供したジャポニカ品種春江06も、その中間母本に丙620(秀水620)が用いられている。秀水620等の丙系統の品種には、トビロウカ抵抗性を付与するために、IR28のトビロウカ抵抗性遺伝子*Bph1*が導入されている(高春先ら, 1990)。しかし、IR28は幼苗集団検定および圃場検定においてもセジロウカ感受性品種と判定されている(VERLUSAMY and HEINRICHS, 1985; ROMENA *et al.*, 1986)。秀水620や春江06のセジロウカに対する抵抗性形質の由来は不明であるが、IR28由来のインディカ形質に起因する可能性が考えられる。

春江06移植田におけるセジロウカ個体群の低い棲息密度は、飛来した長翅型雌成虫の低い定着密度と、その後の低い増殖率に起因していた。飛来期の低い定着密度は、飛来虫の非選好性(春江06の抗寄生性)に起因していた。春江06上では約75%の供試虫の甘露排出量が、5mg以下で、吸汁活動が強く抑制されていることから、吸汁抑制が抗寄生性の一要因と示唆された。また、羽化直後から春江06に強制寄生させた長翅型雌成虫の総産卵数は、汕優63の約1/3に減少した。感受性品種上で予め産卵した雌成虫を、1日間のみ春江06と汕優63に寄生させた場合にも、前者での産卵数は後者の約60%に減少した。従って春江06での産卵数の減少も、吸汁抑制に起因する抗生性と考えられた。吸汁抑制を主因とする抗寄生性や抗生性は、トビロウカに対するインディカ水稻の品種抵抗性の基本的な機作と見なされている(SOGAWA and PATHAK, 1970; SOGAWA, 1982)。吸汁抑制に起因するセジロウカ抵抗性は、ジャポニカ品種群からは全く見出されておらず、春江06が示す上記抵抗性形質は、インディカ品種IR28に由来する形質と推察された。

3. セジロウカに対する春江06の殺卵作用

圃場調査において、春江06の葉鞘中の発育卵率は、汕

優63の場合に較べて常に低く、両品種に産下された卵の胚子発育状態に相違のあることを伺わせた。そこで予め十分に蔽卵させた雌成虫に、春江06と油優63の葉鞘に1日だけ産卵させ、産下された卵の胚子発育がほぼ完了する6日後に、両品種における発育卵率を比較した結果においても、春江06に産下された卵の死亡率が、油優63の場合よりも著しく高かった。さらに、セジロウカ雌成虫を羽化直後から春江06で飼育した場合、産卵数の減少と産下卵の高死亡率のため、ふ化幼虫数は著しく減少した。

春江06では、葉鞘の産卵部位が顕著に液浸化し、産まれた卵は、産卵後1～2日の早い段階で死亡した。一方、産下卵の死亡率が低い油優63では、産卵部位に液浸化は起こらなかった。この事実から、春江06におけるセジロウカ卵の生理的死亡は、日本産ジャポニカ品種の生体防御様反応と同様な機作に基づく殺卵作用の結果と考えられた。日本産ジャポニカ品種の殺卵作用は、ジャポニカ・インディカ交雑品種が、セジロウカに対して‘超感受性化’する現象の究明過程で発見され、セジロウカに産卵されたジャポニカ品種の葉鞘褐変と殺卵作用との間に密接な関係が指摘された(寒川, 1991)。その後、産卵部位の褐変に先行する液浸化によって、卵が産卵後1～2日目に死亡すること(SUZUKI *et al.*, 1996)、また殺卵活性をもつ安息香酸ベンジルが、液浸部位で生成されることが証明された(SEINO *et al.*, 1996)。このような生体防御様殺卵作用は、産卵直後の卵にのみ作用するジャポニカ品種に普遍的な誘導抵抗性であり、幼成虫の生存と発育には影響しないと考えられる。このため、殺卵作用に基づく誘導抵抗性は、イネウカ・ヨコバイ類に対する品種抵抗性検定に汎用されている幼苗集団検定法(HEINRICHS *et al.*, 1985)では、検出できない抵抗性要因といえる。春江06と共に供試した春江11は春江06よりも弱い殺卵作用を示し、春江早1号は殺卵作用をほとんど持たず、中国産ジャポニカ品種群の殺卵作用に大きな品種間差異のあることが示唆された。

日本産ジャポニカ品種が元来具備しているセジロウカに対する殺卵作用は、インディカ品種との交雑によって容易に喪失し、著しく感受性化する事例が、多収性飼料米品種や(寒川, 1991)、インディカ品種からイネ縞葉枯病抵抗性遺伝子を導入した‘むさしこがね’で認められている(原・斎藤, 1984; 高山ら, 1984)。

4. セジロウカに対する春江06の複合抵抗性

中国産ジャポニカ品種の春江06は、インディカ品種に由来すると考えられる吸汁抑制に起因する抗寄生性と、ジャポニカ品種に由来する殺卵作用を兼備した興味深い

品種例と言える。春江06が兼備するセジロウカに対する二重の抵抗性形質は、まず飛来侵入する長翅型雌成虫に対する抗寄生性として発現し、ついで吸汁抑制による産卵数(fecundity)のみならず、殺卵作用によって有効産卵数(fertility)を減少させる抗寄生性として作用し、安定した高度な圃場抵抗性を現していると考察された。本品種は、セジロウカ抵抗性品種として育成された品種ではないが、華中東部のジャポニカ一期作地帯における実用性の高いセジロウカ抵抗性品種と言える。

摘 要

1. 中国産ジャポニカ品種である春江06の移植田では、感受性ハイブリッド品種である油優63の移植田に比較して、飛来侵入するセジロウカ長翅型雌成虫の定着数が少なく、次世代の幼虫と短翅型雌成虫の発生密度も低く、春江06はセジロウカに対して顕著な圃場抵抗性を示した。
2. 春江06, 油優63, 春江11, 春江早1号の移植田で、春江06と春江11に飛来定着したセジロウカ長翅型雌成虫の密度は、他の2品種よりも有意に低かった。また、同4品種を供試した室内ケージ試験でも、放飼したセジロウカ長翅型雌成虫は、同様な品種選好性を示し、春江06はセジロウカに対して抗寄生性を有していた。
3. セジロウカの蔽卵雌成虫は、春江06と油優63で、それぞれ1日当たり平均4.8mgと17.4mgの甘露を排出した。春江06上では、75.6%の供試個体の甘露排出量が5mg以下であり、吸汁活動が強く抑制されていた。
4. 分けつ初期の春江06と油優63で飼育したセジロウカの長翅型雌成虫1頭当たりの平均総産卵数は、それぞれ42.4個と133.6個、ふ化率は、20.1%と64.5%であり、春江06に強制寄生させた場合のセジロウカの有効産卵数は、油優63に寄生させた場合の1/10以下であった。
5. セジロウカに産卵された春江06では、葉鞘の産卵部位に顕著な液浸斑が生じ、日数の経過に従って強く黄褐変したが、油優63の葉鞘ではそのような組織変性は生じなかった。液浸化した春江06の産卵部位では、卵の死亡率が著しく高く、産卵1～2日後に、白色不透明に変性した死卵や、黄褐変した死卵が60～80%の高率で出現した。しかし、産卵部位が液浸化しない油優63では、80%以上の卵が、黄斑期、眼点期を経て、正常に胚子発育した。卵の生理的死亡は、産卵部位の液浸化と密接に関係していた。同様な関係は、春江11と春江早1号にも認められた。
6. 春江06は、ジャポニカ品種に由来する殺卵作用のみならず、インディカ品種に由来すると考えられる吸汁抑

制による抗寄生性と抗生性を兼備していた。春江06のこれら二重の抵抗性形質は、まず飛来侵入する長翅型雌成虫に対する抗寄生性として、ついで産卵数とふ化率を低減させる抗生性として作用し、セジロウカに対して安定した高度な圃場抵抗性を発現していると考察された。

引用文献

- 1) ANGELES, E. R., KHUSH, G. S. and HEINRICHS, E. A. (1981) *Crop Sci.* **21** : 47-50. 2) ANGELES, E. R., KHUSH, G. S. and HEINRICHS, E. A. (1986) *Rice Genetics*, IRRI, p. 537-549. 3) 白背飛虱種群発展と生態研究協作組 (1992) *昆虫知識* **29** (1) : 1-5. 4) 蔡順福・鐘梅玉 (1980) *浙江農業科学* **1980** (4) : 166-170. 5) 陳潔明・浦茂華・顧伯良 (1989) *植物保護* **15** (5) : 4-5. 6) 遠藤正造 (1989) *植物防疫* **43** : 517-521. 7) ENDO, S., NAGATA, T., KAWABE, S. and KAZANO, H. (1988) *Appl. Entomol. Zool.* **23** : 417-421. 8) 馮永新・黃運邦 (1983) *廣東農業科学* **1983** (3) : 18-21. 9) 高春先・顧秀慧・貝亜維 (1990) *中国水稻科学* **4** (4) : 175-180. 10) 廣東省農科院植保所 (1994) *廣東農業科学* **1994** (5) : 33-36. 11) GUNATHILAGARAJ, K. and CHELLIAH, S. (1985) *Crop. Prot.* **4** : 225-262. 12) 原栄一・齊藤満 (1984) *関東東山病害虫研報* **31** : 109. 13) HEINRICHS, E. A., Medrano, F. G. and RAPUSAS, H. R. (1985) *Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice*, IRRI, 356pp. 14) HEINRICHS, E. A. and RAPUSAS, H. R. (1983) *Environ. Entomol.* **12** : 1793-1797. 15) HERNANDEZ, J. E. and KHUSH, G. S. (1981) *Oryza* **18** : 44-50. 16) 胡国文・唐健・湯金儀 (1992) *植物防疫* **46** (5) : 219-222. 17) 胡国文・毛立新・唐健・王松堯 (1988) *中国水稻科学* **2** (2) : 79-84. 18) 黃次偉・馮炳燦・王煥弟・姚靜・宋麗君 (1982) *浙江農業科学* **1982** (3) : 138-141. 19) 黃次偉・馮炳燦・陳建明 (1994) *昆虫知識* **31** : 196-198. 20) 黃志農・馬國輝・何英豪・張玉燭・劉二明・徐叔雲・劉朝友・邵勇 (1998) *雜交水稻* **13** (2) : 17-28. 21) 井上栄明・田中章 (1991) *九病虫研会報* **37** : 87-90. 22) KHAN, Z. R. and SAXENA, R. C. (1984) *J. Econ. Entomol.* **77** : 1479-1482. 23) KHAN, Z. R. and SAXENA, R. C. (1985) *J. Econ. Entomol.* **78** : 1280-1286. 24) 清田洋次・奥原國英 (1990) *九病虫研会報* **36** : 95-96. 25) 久野英二 (1968) *九州農試彙報* **14** : 131-246. 26) 李西明・閔紹楷・熊振民・胡国文 (1987) *遺伝学報* **14** : 413-418. 27) 李西明・劉光傑・馬良勇・胡国文・閔紹楷・馬巨法 (1996) *中国水稻科学* **10** (5) : 173-176. 28) 梁家榮・陳学礼 (1990) *江蘇農業科学* **1990** (5) : 36-38. 29) 林裕正 (1994) *稻飛虱研究技術報告* 農業部全国植物保護総站 p. 54-56. 30) 劉芳 (1998) 不同類型水稻品種与白背飛虱種群發展的關係 楊州大学修士論文 pp. 71. 31) Liu, G., SAXENA, R. C. and WILKINS, R. M. (1994) *J. Insect Behavior* **7** : 343-353. 32) 馬慧坤・黃德光・李洪凱・黃鏡俊 (1983) *廣東農業科学* **1983** (3) : 22-23. 33) 毛立新・梁天錫 (1992) *中国水稻科学* **6** (2) : 70-76. 34) MISHRA, N. C. and MISRA, B. C. (1991) *Entomol. Exp. Appl.* **59** : 87-92. 35) NAIR, R. V., MASAJO, T. M. and KHUSH, G. S. (1982) *Theor. Appl. Genet.* **61** : 19-22. 36) 奈須社兆・末永一 (1956) *九州農試彙報* **5** : 71-84. 37) 農業部 (1992) *稻飛虱監測与治理年報* 農業部全国植物保護総站 p. 1-3. 38) 錢漢良・谷守礼・張翼 (1991) *植物保護* **17** (3) : 16-17. 39) ROMENA, A. M., RAPUSAS, H. R. and HEINRICHS, E. A. (1986) *Crop Prot.* **5** : 334-340. 40) SAINI, S. R., KHUSH, G. S. HEINRICHS (1982) *Crop Prot.* **1** : 289-297. 41) SAXENA, R. C. and KHAN, Z. R. (1985) *Crop Sci.* **24** : 1204-1206. 42) SEINO, Y., SUZUKI, Y. and SOGAWA, K. (1996) *Appl. Entomol. Zool.* **31** : 467-473. 43) SIDHU, G. S., KHUSH, G. S. and MEDRANO, F. G. (1979) *Euphytica.* **28** : 227-232. 44) SOGAWA, K. (1982) *Ann. Rev. Entomol.* **27** : 49-73. 45) 寒川一成 (1991) *九農研* **53** : 92. 46) 寒川一成 (1992) *植物防疫* **46** : 183-186. 47) SOGAWA, K. and PATHAK, M. D. (1970) *Appl. Entomol. Zool.* **5** : 145-158. 48) 寒川一成・高橋明彦 (1998) 依靠亞洲季風的稻飛虱大範圍遷飛 中国水稻研究所 14pp. 49) SUZUKI, Y., SOGAWA, K. and SEINO, Y. (1996) *Appl. Entomol. Zool.* **31** : 111-118. 50) 高山隆夫・岩田直記・田村利行 (1984) *関東東山病害虫研年報* **31** : 107-108. 51) 譚玉娟・張揚・潘英・劉鈞贊・許聰 (1990) *廣東農業科学* **1990** (6) : 35-38. 52) VERLUSAMY, R. and HEINRICHS, E. A. (1985) *J. Pl. Prot. Tropics* **2** : 81-85. 53) 王金揮 (1998) *植保技術与推広* **18** (3) : 12-14. 54) 王蔭長・範加勤・田学志・高保宗・範岳榮 (1994) *昆虫知識* **31** (5) : 257-262. 55) 渡邊朋也・寒川一成 (1994) *応動昆* **38** : 153-160. 56) 韋江・雷金湘・張榮孫・陸榮成 (1993) *植物保護* **19** (4) : 27-28. 57) WU, C. and KHUSH, G. S. (1985) *Crop Sci.* **25** : 505-509. 58) 吳明国・林建榮* (1995) 高產, 優質, 多抗晚粳新品種春江06, 中国水稻研究所 p. 1. 59) 肖英方・杜正文 (1989) *昆虫学報* **32** : 286-291. 60) 謝華安・鄭家因・張受剛 (1987) *福建省農科院報* **2** (1) : 32-37. 61) 謝華安・鄭家因・張受剛・林美娟 (1996) *福建省農科院報* **11** (4) : 1-6. 62) 楊金生・胡建章 (1984) *江蘇農業科学* **1984** (7) : 16-19. 63) Yu, X. and Wu, G. (1991) *IRRN* **16** (3) : 15. 64) 俞曉平・巫国瑞・陶林勇 (1991) *中国水稻科学* **5** (2) : 91-93. 65) 張良佑・吳榮宗・曾玲 (1987) *植物保護学報* **14** : 99-106. 66) 張内河・歐高才・易光輝・謝榮輝 (1996) *植保技術与推広* **1996** (1) : 5-7. 67) 張夕林・張谷豊・張治・張建明 (1998) *植物保護学報* **25** : 130-132. (1999年2月3日 受領)