

## ピラクロストロビン剤散布のダイズの生育、収量および病害発生に対する効果

加藤雅康<sup>1)</sup>・田澤純子<sup>1)</sup>・澤路聖之<sup>2)</sup>・島田信二<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup> 中央農業総合研究センター, <sup>2)</sup> BASF ジャパン株式会社)

**要旨：**ストロビルリン系殺菌剤の一種であるピラクロストロビン剤がダイズの生育、収量構成要素および病害発生に及ぼす効果を異なる散布の時期および濃度条件下で解析した。2006年にピラクロストロビン剤をダイズの開花初期と開花終期に1333倍希釈(150 g 成分量 ha<sup>-1</sup>)で散布したところ、対照薬剤のイミノクタジナルベシル酸塩水和剤の1000倍希釈(400 g 成分量 ha<sup>-1</sup>)散布区と比較して、開花終期散布区では成熟期の遅延と百粒重の増加が認められたが、開花初期散布区では明瞭な差は認められなかった。2007年に開花終期にピラクロストロビン剤を1500倍(133 g 成分量 ha<sup>-1</sup>)、3000倍(67 g 成分量 ha<sup>-1</sup>)、5000倍希釈(40 g 成分量 ha<sup>-1</sup>)で散布したところ、成熟期の遅延は認められなかったが、散布濃度の増加に伴い百粒重が増加する傾向にあり、同時に粒径の大きい子実の割合が高くなった。また、散布時期や散布濃度に関わらず、ピラクロストロビン剤散布は対照薬剤のイミノクタジナルベシル酸塩剤散布と比較して紫斑粒の発生を有意に抑制した。さび病、葉焼病および褐紋病の発生量は処理区間で差が認められなかった。これらのことから、ピラクロストロビン剤の開花終期散布は紫斑粒発生の抑制のみならず、子実の百粒重と粒径増大にも効果があると考えられる。

**キーワード：**紫斑病、ダイズ、百粒重、ピラクロストロビン、粒径。

日本のダイズの栽培面積は1995年以降増加し、2001年からは14万ha前後を推移している(農林水産省大臣官房統計部, 2009)。また、作付面積の増加に伴い、転換畑におけるダイズの作付割合が高くなってきた。近年、単位面積当たり収量が減少したり、年次変動が大きくなったりして(農林水産省大臣官房統計部, 2009)、生産が不安定になっている。さらに子実が小粒化する(藤井ら2007)など品質低下も問題になってきている。このため、栽培技術、肥培管理、病虫害防除など多方面から生産不安定化の原因究明と対策技術の開発が取り組まれている。

殺菌剤散布の主目的は病害防除を通じて収量を増加させることであるが、殺菌剤の中には殺菌作用以外に植物に対する生理的作用を有しているものがある。ストロビルリン系殺菌剤もその一つである。この殺菌剤の抗菌作用点はミトコンドリア内膜のシトクロム bc<sub>1</sub> 複合体に結合して電子伝達を阻害することにより(Bartlettら2002, 日野2007)、この作用により病原菌の胞子発芽や胞子形成が阻害される(日本植物防疫協会, 2005)。日本ではアゾキシストロビン、クレソキシムメチル、トリフロキシストロビン、ピラクロストロビンが単剤あるいは混合剤として販売されている(本論文では化合物を意味する場合には剤を付けずに表記し、殺菌剤を意味する場合には剤をつけて表記する)。これらの殺菌剤は子のう菌類、担子菌類、不完全菌類、卵菌類の広範囲の病原菌に殺菌効果があり、イネ、ムギ類、ダイズ、蔬菜、茶、果樹、花卉、芝などの病害防除剤として登録されている。ダイズにはべと病と紫斑病の殺菌剤としてアゾキシストロビン水和剤が登録されている。一方、ストロビルリン系殺菌剤は植物に対して硝酸還元酵素活性の

増加(Glaab and Kaiser 1999, Koehleら2002)、成熟遅延(Grossmannら1997, Grossmannら1999, Wu and von Tiedemann 2001, Koehleら2002, Sconyersら2006)や抗酸化活性の増大(Wu and von Tiedemann 2001, Jabsら2002)などの生理的作用を引き起こすことが報告されている。このため、ストロビルリン系殺菌剤をダイズに散布することにより、病害防除による減収抑制に加えて、老化の進行を遅延させ緑葉を長期間確保したり窒素代謝能を向上させたりすることによって、増収と品質の向上が期待できると考えられる。

生理的な効果や増収効果あるいは品質向上に関する研究は主にコムギやオオムギで報告されているのみで、ダイズにおける生理的效果に関する報告は少なく、病害の影響のない状況では増収効果がないという報告(Swoboda and Pedersen, 2009)がある程度である。そこで、関東地方の主力大粒ダイズ品種であるタチナガハにピラクロストロビン剤を時期と濃度を変えて散布し、紫斑病の防除効果と併せて成熟遅延による増収と大粒化の効果について検証した。ここでダイズに登録のあるアゾキシストロビン剤でなくピラクロストロビン剤を用いたのは、ダイズの葉の緑色を保ち落葉を遅延させる効果がピラクロストロビン剤の方がアゾキシストロビン剤より高いという報告があるからである(Sconyers 2006)。ピラクロストロビンは1993年に殺菌作用が発見された化合物で、海外ではダイズさび病の防除剤として広く使用されている。

## 材料と方法

### 1. 試験区

#### (1) 散布時期の影響

成熟期、収量、粒大および紫斑粒の発生に対するピラクロストロビン剤の散布時期の影響を明らかにするために、茨城県つくば市観音台畑圃場（淡色黒ボク土）で試験を実施した。ダイズ品種タチナガハを2006年6月13日に畦間70 cm、株間10 cmで1粒ずつ機械播種した（29 m × 27 畦）。播種直後に除草剤アラクロール乳剤（商品名：ラッソー乳剤）とリニユロン水和剤（商品名：ロロックス水和剤）を散布した。中耕培土は行わなかった。殺虫剤は開花終期以降、慣行に従って散布した。ピラクロストロビン剤の散布時期は7月28日（開花初期、R2）または8月12日（開花終期、R3-R4）とし、ピラクロストロビン20%顆粒水和剤を1333倍に希釈して1000 Lha<sup>-1</sup>（150 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）の処理量を背負い式動力噴霧機で1回散布した。対照薬剤としてイミノクタジナルベシル酸塩40%水和剤1000倍希釈液（400 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）を8月12日に同量散布した。1区は5 m × 7 畦とし、殺菌剤処理3処理 × 2ブロックの乱塊法で試験した。試験区は最低4畦または3 m 離れた。

#### (2) 散布濃度の影響

成熟期、収量、粒大および紫斑粒の発生に対するピラクロストロビン剤の散布濃度の影響を明らかにするために、散布時期試験と同じ土壌特性を有した近隣の畑圃場で試験を実施した。2007年6月12日にタチナガハを播種し（42 m × 44 畦）、その後の除草剤管理と殺虫散布は前述の散布時期試験と同様に行った。開花期は7月25日で、ピラクロストロビン20%顆粒水和剤の散布濃度は1500倍（133 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）、3000倍（67 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）、5000倍希釈（40 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）とし、対照薬剤はイミノクタジナルベシル酸塩40%水和剤1000倍希釈液（400 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）とし、8月9日（開花終期、R3-R4）に1000 Lha<sup>-1</sup>になるように散布した。各試験区は5 m × 7 畦で、殺菌剤処理4処理 × 3ブロックの乱塊法で配置した。試験区は最低4畦または3 m 離れた。ピラクロストロビン剤も対照薬剤も散布していない部分を無散布区とした。2007年はさび病が発生したので、9月25日にシメコナゾール20%水和剤1000倍希釈液を圃場全面に1000 Lha<sup>-1</sup>散布した（200 g 成分量 ha<sup>-1</sup>）。

### 2. 生育・収量構成要素および品質の調査

散布時期試験では、2006年10月に入ってから成熟期を調査し、成熟期を迎えた各試験区から2 m × 3 畦内の約60株を子葉節で順次刈り取り、自然乾燥させた。生育調査は全株について地上部乾物重を測定し、摘莢したのち、主莖長、主莖節数、分枝数を調査した。莢と子実を分け、稈実莢数、一莢内粒数、百粒重、粗子実重を調査した。子実重は重度の腐敗粒と虫害粒を除いて測定し、15%子実水分に換算した。紫斑粒の調査は試験区の子実について病害調

査の項で記載した方法で実施した。

散布濃度試験では、殺菌剤散布後から各試験区の生育ステージをFehrら（1971）の基準に基づいて遠観で調査した。子実肥大完了期の2007年10月5日に葉緑素計（SPAD-502、コニカミノルタ社、東京）を用いて、最上位展開葉の頂小葉の3か所でSPAD値を測定し、平均値をその小葉の代表値とし、20小葉の平均値を求めた。また、落葉程度は少（30%未満の葉が落葉）、中（30%～49%の葉が落葉）、多（50%～79%の葉が落葉）、甚（80%以上の葉が落葉）の4段階で調査した。2007年10月23日に無散布区を含めた全ての試験区の2 m × 3 畦内の株（約60株）を子葉節から刈取った。自然乾燥させ、そのうち生育中庸の15株について散布時期試験と同様の調査をした。子実重は虫害粒や腐敗粒を除いて求めた。残りの株は脱穀・唐箕選し、子実重を計量した。粒径分布は8.5 mm、7.9 mm、7.3 mm、6.7 mmの篩を用いて各篩目に残った子実の重量を測定した。

子実の粗タンパク質含量、脂質含量、糖分含量は各試験区から子実約500 gを採り、近赤外分析計（Infratec1241、FOSS Tecator社）を用いて10回測定し平均値を得た。外觀品質は6.7 mmの篩に残った子実をよく混合した後、15 cm × 15 cmの黒い浅皿に一層に並べ、粒揃い、光沢、裂皮、しわ、青み、扁平を調査した。粒揃いと光沢は3段階で、裂皮、しわ、青みおよび扁平粒は6段階で評価した。外觀品質は9段階で評価した。評価結果を各処理区3反復の上限下限で表した。紫斑粒の調査は試験区の子実について病害調査の項で記載した方法で実施した。

### 3. 病害調査

ピラクロストロビン剤は病害発生を抑制することによって生育遅延や増収などに貢献する可能性が考えられた。そこで、地上部病害の発生程度に処理区間で差が認められるかどうかを2007年に評価した。生育中の病害の発生状況を把握するために、9月19日に各試験区から無作為に上位葉、中位葉、下位葉をそれぞれ20小葉ずつ採集し、葉焼病、さび病および褐紋病について病斑面積率を小葉ごとに目視により調査し、平均病斑面積率（葉身面積に対する病斑面積の比の平均値）を算出した。紫斑粒は散布時期の影響の試験では全株の子実について、散布濃度の影響の試験では収量構成要素の調査に用いた15株中の虫害粒を除いた全子実について紫斑の有無を調査した。少しでも紫斑がある子実は紫斑粒と判定した。

## 結 果

### 1. ピラクロストロビン剤の散布時期がダイズの成熟期、収量構成要素および紫斑粒の発生に及ぼす影響（2006年）

成熟期は対照薬剤区と比べてピラクロストロビン剤の開花初期散布区は1日遅く、開花終期散布区が2日遅くなった（第1表）。成熟期の1週間前の状況では対照薬剤区と開花初期散布区がほとんど落葉していたのに対し、開花終



第1表 ピラクロストロビン剤の散布時期がダイズの生育特性、収量構成要素および紫斑粒率に及ぼす影響 (2006年)。

殺菌剤	散布時期 (散布日)	成熟期 (月/日)	主茎長 (cm)	主茎節数	分枝数	地上部乾物重 (g m <sup>-2</sup> )	稔実莢数 (m <sup>-2</sup> )	一莢内 粒数	百粒重 (g)	粗子実重 (g m <sup>-2</sup> )	紫斑粒率 (%)
ピラクロストロビン	開花初期 (7/28)	10/12	48.7	13.6	3.27	474	526	1.78	30.0 ab	280	0.27 b
ピラクロストロビン	開花終期 (8/12)	10/13	47.6	13.7	3.37	509	517	1.68	35.1 a	305	0.03 c
イミノクタジンアル ベシル酸塩 (対照)	開花終期 (8/12)	10/11	45.2	13.5	2.92	399	521	1.68	28.0 b	240	0.98 a
ANOVA (P 値)			0.15	0.85	0.7	0.23	0.69	0.39	0.04	0.39	<0.001

ピラクロストロビン顆粒水和剤は 1333 倍希釈液、イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤は 1000 倍希釈液を 1000 Lha<sup>-1</sup> になるよう散布した。百粒重と紫斑粒率の同一英文字は処理区間で有意差がない (百粒重は Tukey の HSD 検定、紫斑粒率はカイ 2 乗検定) ことを表す。

殺菌剤処理区あたり 60 株、2 反復で調査した。

分枝数は 2 節以上ある分枝の数を表す。

百粒重、粗子実重は水分 15% に換算した値で示す。

開花期はいずれの処理区も 2006 年 7 月 24 日であった。



第1図 開花初期と開花終期にピラクロストロビン剤を散布したダイズの収穫時期の落葉程度 (2006年)。

イミノクタジンアルベシル酸塩剤 (対照薬剤) 1000 倍希釈液を開花終期 (8 月 12 日) に散布 (左), ピラクロストロビン剤 1333 倍希釈液を開花初期 (7 月 28 日) (中) と開花終期 (8 月 12 日) (右) に 1000 L10 a<sup>-1</sup> を散布した。

第2表 殺菌剤散布日以降のダイズの生育経過 (2007年)。

殺菌剤	希釈倍率	調査日 (月/日)										
		8/9	8/16	8/23	8/30	9/6	9/16	9/28	10/5	10/11	10/18	10/28
ピラクロストロビン	1500 倍	R3-R4	R4	R5	R5	R5	R6	R6	R6	R6-R7	R7	R8
ピラクロストロビン	3000 倍	R3-R4	R4	R5	R5	R5	R6	R6	R6	R6-R7	R7-R8	R8
ピラクロストロビン	5000 倍	R3-R4	R4	R5	R5	R5	R6	R6	R6	R6-R7	R7	R8
イミノクタジンアル ベシル酸塩 (対照)	1000 倍	R3-R4	R4	R5	R5	R5	R6	R6	R6	R6-R7	R7-R8	R8

いずれの殺菌剤も開花終期 (8 月 9 日) に 1000 Lha<sup>-1</sup> を散布した。

生育ステージは Fehr ら (1971) による。

殺菌剤処理区 (3 m × 7 畦) の 3 反復を遠観で調査し、各処理区 3 区の生育ステージの範囲で表した。

期散布区ではまだ少数の葉が残っていた (第1図)。主茎長、主茎節数、分枝数、地上部風乾重は処理区間で差異が認められなかった。稔実莢数と一莢内粒数および粗子実重にも処理区間で統計的な差が認められなかったが、粗子実重は開花終期散布区で増加する傾向が認められ、対照区の 1.3 倍になった。百粒重は開花終期散布区が対照薬剤散布区より有意に大きくなったが、開花初期散布区は対照薬剤散布区との差が認められなかった (第1表)。紫斑粒の発生は開

花終期区が最も少なく、開花初期区、対照薬剤散布区の順に多くなった (第1表)。生育期間中にとくに目立った病害は発生しなかった。ダイズシストセンチュウの発生が一部で認められたが、試験区間で大きな違いは認められなかった。

第3表 ピラクロストロビン剤の散布がダイズの落葉と SPAD 値に及ぼす影響 (2007 年).

殺菌剤	希釈倍率	調査月日 (月 / 日)				SPAD 値 (10/5)
		9/28	10/5	10/11	10/18	
ピラクロストロビン	1500 倍	1	1	1~2	2~4	36.8
ピラクロストロビン	3000 倍	1	1	1~2	3~4	36.9
ピラクロストロビン	5000 倍	1~2	1~2	1~2	3~4	34.8
イミノクタジナルベシル酸塩 (対照)	1000 倍	1~2	1~3	1~4	2~4	33.4
ANOVA (P 値)		—	—	—	—	0.41

いずれの殺菌剤も開花終期 (8 月 9 日) に 1000 Lha<sup>-1</sup> を散布した.

落葉程度は 1: 少 (30%未満の葉が落葉), 2: 中 (30%~49%の葉が落葉), 3: 多 (50%~79%の葉が落葉), 4: 甚 (80%以上の葉が落葉) の 4 段階で調査し, 各処理区の落葉程度の下限と上限の範囲で示した.

SPAD 値は処理区あたり頂小葉 20 枚を測定し, 3 反復の平均値で示した.

第4表 ピラクロストロビン剤の散布濃度がダイズの生育特性および収量構成要素に及ぼす影響 (2007 年).

殺菌剤	希釈倍率	成熟期 (月 / 日)	主茎長 (cm)	主茎節数	分枝数	地上部乾物重 (g m <sup>-2</sup> )	稈実莢数 (m <sup>-2</sup> )	一莢内 粒数	百粒重 (g)	粗子実重 (g m <sup>-2</sup> )
ピラクロストロビン	1500 倍	10/22-28	64.4	13.6	3.62	610	450	1.78	38.8	311
ピラクロストロビン	3000 倍	10/28	64.2	13.8	3.82	608	464	1.74	37.8	305
ピラクロストロビン	5000 倍	10/28	66.0	13.8	3.44	586	424	1.75	36.9	276
イミノクタジナル ベシル酸塩 (対照)	1000 倍	10/18-28	64.7	13.8	3.38	543	427	1.83	34.9	272
無散布区		記録なし	64.8	13.8	3.89	559	422	1.84	35.5	276
ANOVA (P 値)			0.96	0.26	0.69	0.19	0.47	0.72	0.08	0.54

いずれの殺菌剤も開花終期 (8 月 9 日) に 1000 Lha<sup>-1</sup> を散布した.

成熟期は各処理区の成熟期の範囲で示した.

殺菌剤処理区あたり約 60 株, 3 反復を調査した.

分枝数は 2 節以上ある分枝の数を表す.

百粒重, 粗子実重は水分 15%に換算した値で示す.

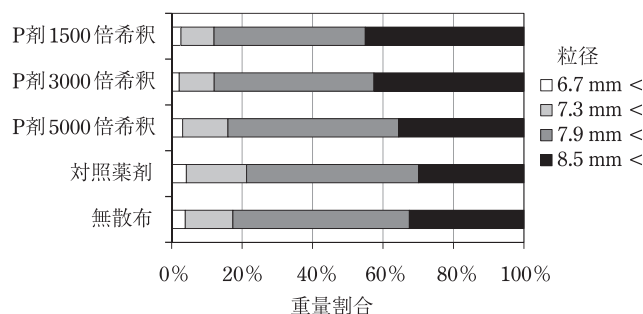
開花期はいずれの処理区も 7 月 25 日であった.

## 2. ピラクロストロビン剤の散布濃度とダイズの生育経過, 収量構成要素, 子実成分および外観品質に及ぼす影響 (2007 年)

生育ステージの経過, 落葉の進行経過, 10 月 5 日の頂葉の SPAD 値には処理区間で差が認められなかった (第 2 表, 第 3 表). 青立ち (成熟不整合) が発生したため正確な成熟期判定がやや困難であったが, 成熟期は処理区間で差がなかった (第 2 表, 第 4 表). 主茎長, 主茎節数, 分枝数, 地上部乾物重, 稈実莢数と一莢内粒数も処理区間で統計的な差が認められなかった (第 4 表). また, 粗子実重も処理区間で有意差が認められなかった (第 4 表). 百粒重についても各処理区間で有意な差が認められなかったが, 散布濃度が高いほど大きくなる傾向があり (第 4 表), 粒径の大きい子実の割合も高くなった (第 2 図). 子実成分と外観品質も処理区間で差が認められなかった (第 5 表). 茎葉・子実ともにいずれの散布濃度でも葉害は認められなかった.

## 3. ピラクロストロビン剤散布の地上部病害への影響

2007 年は生育後半に葉に病斑を形成するさび病, 葉焼病, 褐紋病が発生した (第 6 表). さび病は対照薬剤区よりピラ



第2図 ダイズ子実の粒径分布に対するピラクロストロビン剤散布の影響 (2007 年).

P 剤はピラクロストロビン顆粒水剤を, 対照薬剤はイミノクタジナルベシル酸塩水和剤 1000 倍希釈液を開花終期に散布した.

いずれの殺菌剤も開花終期 (8 月 9 日) に 1000 Lha<sup>-1</sup> を散布した.

クロストロビン剤散布区で罹病葉面積率がやや低くなったが, 有意差は認められなかった. 葉焼病もピラクロストロビン剤の散布濃度が高まるにつれて罹病葉面積率が減少する傾向が認められたが, 対照薬剤区との有意差は認められなかった. 褐紋病の発生は処理区間で差がなかった. 一方,

第5表 ピラクロストロビン剤散布がダイズの子実成分および外観品質に及ぼす影響 (2007年)。

殺菌剤	希釈倍率	粗タンパク質 (%)	粗脂肪 (%)	糖質 (%)	粒揃い	光沢	裂皮	しわ	青み	扁平粒	外観品質
ピラクロストロビン	1500 倍	43.8	21.1	20.7	1~2	2	1~2	0~1	0	0	3~4
ピラクロストロビン	3000 倍	43.8	21.1	20.6	1~2	2	1~2	0	0	0	4
ピラクロストロビン	5000 倍	43.6	21.1	20.7	1	2	1~2	0~1	0	0	4
イミノクタジンアル ベシル酸塩 (対照)	1000 倍	43.9	21.2	20.2	1	2	1~2	1	0	0	4~5
無処理		43.3	21.4	20.4	1	2	1~2	0	0	0	4
ANOVA (P 値)		0.25	0.68	0.29							

いずれの殺菌剤も開花終期 (8月9日) に 1000 Lha<sup>-1</sup> を散布した。

粗タンパク質の窒素換算値は 6.25。

粒揃いは 1: 良, 2: 中, 3: 不良で, 光沢は 1: 強, 2: 中, 3: 弱で, 裂皮, しわ, 青みおよび扁平粒は 0: 無, 1: 微, 2: 少, 3: 中, 4: 多, 5: 甚で, 外観品質は 1: 上の上~9: 下の下の 9 段階で評価した。粒揃い, 裂皮, しわおよび外観品質の範囲は各処理区の 3 反復中の上限と下限を表す。

第6表 試験期間中に発生したダイズの地上部病害と紫斑粒の発生状況 (2007年)。

殺菌剤	希釈倍率	病斑面積率 (%)				紫斑粒率 (%)
		さび病	葉焼病	褐紋病	その他・不明	
ピラクロストロビン	1500 倍	1.1	0	0.2	0.1	0.03 a
ピラクロストロビン	3000 倍	2.2	0.5	0.1	0.1	0.14 a
ピラクロストロビン	5000 倍	1.5	1.5	0.3	0	0.30 a
イミノクタジンアル ベシル酸塩 (対照)	1000 倍	6.4	0.7	0.4	0.1	1.81 b
無処理		—	—	—	—	1.43 b
ANOVA (P 値)		0.08	0.29	0.43	0.5	<0.01

いずれの殺菌剤も開花終期 (8月9日) に 1000 Lha<sup>-1</sup> を散布した。

病斑面積率は 9月19日に調査した。さび病の発生が多かったので, 9月25日にシメコナゾール 20%水和剤 1000 倍希釈液を無処理区も含めて圃場全面に 1000 Lha<sup>-1</sup> 散布した。

病斑面積率と紫斑粒率を逆正弦平方根変換して分散分析を行った後, Tukey の HSD 検定を行った。異なる英文字が付く数字間に有意差があることを示す。

無散布区は病斑面積率を調査しなかった。

紫斑粒の発生は散布濃度に関わらずピラクロストロビン剤の散布によって顕著に減少した (第6表)。

## 考 察

本研究の目的は, 殺菌剤であるピラクロストロビン剤が有すると考えられる生理活性作用により, ダイズの成熟時期を遅延させ, 増収や子実の大粒化をもたらすことができるかどうかを明らかにすることである。成熟遅延効果は, 2006年の試験では開花終期のピラクロストロビン剤散布で若干認められたが (第1表, 第1図), 2007年の試験では認められなかった (第4表)。2007年は成熟時期の目視による判定結果だけでなく, 黄変開始期の SPAD 値と落葉経過の結果からも成熟期に処理間で差がなかったと考えられる。

成熟期の遅延効果が年次によって一定しなかった原因として, 以下の二つが考えられる。一つは 2007年は青立ちが発生して均一に熟期に至らず, 成熟期を正確に判定する

ことが困難であったことである。青立ちには開花期以降の水分欠乏ストレスが引き起こす落莢と関係があるとされている (井上 2002, 島田ら 2007)。試験地点から最寄りのアメダス地点 (地点名: つくば, 試験地点から約 3.5 km 離れた観測点) における気温は 2006年は平年並みで推移したのに対し, 2007年は開花期まで低温傾向であったが, 8月の平均気温は平年より 1.9℃高く, この高温傾向は9月末まで続いた。降水量は 2006年は8月上中旬の降水量が 52 mm であったが, 8月下旬から9月上旬にかけて少雨になった。一方, 2007年は開花盛期から莢伸長期にあたる8月上中旬の降水量が 1.5 mm と非常に少なかった。2006年と 2007年の収量構成要素を比較すると分枝数と主茎節数は両年ともほとんど同じであったが, 稔実莢数は 2006年の方が多かった (第1表, 第4表)。これらのことから, 2007年は開花期以降に降雨が少なく高温で推移したことが落莢を助長し, その結果, 青立ちにつながったと考えられ, このような年はピラクロストロビン剤の成熟遅延効果が発



揮されにくくなる可能性が考えられる。もう一つの原因として、ピラクロストロビン剤の成熟遅延効果はそれほど大きくなく、環境要因の影響を受けやすいことが想定される。成熟遅延が認められた例としてアメリカ合衆国ジョージア州で実施されたダイズさび病の防除効果試験でピラクロストロビン剤散布区のダイズの葉が遅くまで緑色が保たれ (greening effect)、落葉も遅くなったことが報告されている (Sconyers ら 2006)。一方で、アイオワ州で開花 49 日後 (生育ステージ R6) の葉のクロロフィル量が対照区と変わらなかったという報告 (Swoboda and Pedersen 2009) もある。

2006 年はピラクロストロビン剤散布によって成熟期が 1 ~ 2 日遅延したが、この程度の遅延で増収に結び付くとは考えにくい。成熟期 1 週間前の葉の量は開花終期散布区で多かった (第 1 図) ので、黄変落葉期の同化量の差が成熟期の遅延の差以上にあり、収量に若干影響を与えた可能性が考えられる。Swoboda and Pedersen (2009) はダイズの葉面積指数がストロビルリン剤散布区と無散布区ともに 3 以上で、無散布でも光合成に有効な葉面積を子実肥大完了期まで十分に確保していたと報告した。本試験でも子実肥大完了期の SPAD 値に処理間で差を見出せなかったため、この時期までの葉緑素含量に大きな差はなかったと考えられる。

成熟遅延効果はあまりなかったが、子実の大粒化は 2006 年のピラクロストロビン剤の開花終期散布区の百粒重の増加 (第 1 表,  $P < 0.05$ ) によって確認できた。2007 年の試験では、百粒重に 10% 水準で差が認められ (第 4 表)、百粒重の増加が散布濃度と相関があったこと、さらに散布濃度が高くなるにつれて大粒の割合も高くなった (第 2 図) ことから、ピラクロストロビン剤の開花終期散布は子実を大粒化する作用があると考えられる。

ストロビルリン剤の植物に対する生理的作用による大粒化のほかに殺菌効果による大粒化の可能性も考えられる。ダイズの生育後期に葉を侵す病気には紫斑病、褐紋病、葉焼病、さび病などがある。これらのうち葉焼病以外はストロビルリン系殺菌剤の効果が知られている。紫斑病については明らかに紫斑粒の発生を抑制する効果が認められたが、紫斑病は収量への影響は少ないと考えられている (Schuh 1999)。2007 年はピラクロストロビン剤散布によってさび病が抑制される傾向にあったが (第 5 表)、処理区間で有意差は認められなかった。また、葉焼病についても同様の結果が得られた。このため、ピラクロストロビン剤によるさび病や葉焼病の抑制効果を介して百粒重が増加した可能性は否定できないが、その効果は大きくなかったと考えられる。これらのことから、高濃度のピラクロストロビン剤の開花終期散布は病害防除効果が大きくない条件下でもダイズの子実を大粒化させる効果があると考えられる。一方、病害がダイズの生育に大きな影響を与える場合には、散布しない場合と比較して相対的に粒径の増大と増収をもたらすものと期待できる。Sconyers ら (2006) はピラクロストロビンの散布により葉の緑色が長期間保たれ、

落葉が遅くなったと報告しているが、さび病の防除効果も認められたので、ピラクロストロビン剤の老化抑制の単独効果を評価することは困難である。

病害がない条件下におけるストロビルリン系殺菌剤のダイズ収量や子実重に対する効果はほとんど報告がなく、Swoboda and Pedersen (2009) はピラクロストロビン剤散布がダイズの生育や収量構成要素に対する影響を報告している程度である。その報告によると、ピラクロストロビンとトリアゾール系殺菌剤のテブコナゾールを単独あるいは混合して開花初期または莢形成初期に散布すると百粒重と莖重がやや増加したが、病害発生のない状況では増収させる効果がなかった。また、子実肥大期の葉面積指数も無散布より増加する傾向にあったが、SPAD 値は開花期から子実肥大完了期まで無散布区との違いは認められなかったと報告している。本試験でも SPAD 値の測定は子実肥大完了期に行い、Swoboda and Pedersen (2009) の結果と一致した。収量に対する効果は年次によって違いがあったので、Swoboda and Pedersen (2009) の報告とも合わせると、ピラクロストロビン剤の散布は安定的に増収効果をもたらすものではないと考えられる。一方、子実が大粒化する傾向は両者の試験で認められたので、この効果は比較的安定していると考えられる。今後、試験事例を積み重ねることにより、ピラクロストロビン剤散布の成熟遅延、増収、子実の大粒化に対する効果の安定性について検証が可能になると考えられる。

ストロビルリン系殺菌剤には植物に対して様々な生理的作用をもたらすことが報告されている。活性酸素の減少、オゾン障害の減少、オオムギの生理的斑点形成の抑制 (Jabs ら 2002)、エチレン生成の抑制 (Grossmann ら 1997, Grossmann ら 1999, Jabs ら 2002, Koehle ら 2002)、老化遅延 (Grossmann ら 1997, Grossmann ら 1999, Koehle ら 2002)、二酸化炭素補償点の低下を介した光合成効率の向上 (Gehard ら 1999)、硝酸還元酵素の活性化 (Glaab and Kaiser, 1999) 等を通じた増収効果が報告されている。本研究で認められたダイズ子実の大粒化がどの効果によるかは不明である。一方、ストロビルリン系殺菌剤がダイズの光合成能を抑制するという報告 (Nason ら 2007) があり、生理的效果に関する作用機作も一致した見解にはなっていない。ストロビルリン系殺菌剤の植物に対する生理的な作用機作と増収や大粒化に対する効果と安定性については今後の研究の深化が必要である。

豆腐、煮豆、味噌用ダイズでは加工適性や消費者の嗜好の面から大粒の子実が好まれている (小野・塚本 2003, 掛田 2003, 藤波 2003)。しかし、水田転換畑やダイズの作付頻度の増加により、ダイズ子実が小粒化する傾向があることが大きな問題となっている。ピラクロストロビン剤の散布は粒径を増大させる効果が認められたので、これらの小粒化傾向を軽減する効果が期待される。一方、納豆用途向け品種は一般に小粒のものが好まれている (細井 2003)。

国内の小粒品種に対してピラクロストロビン剤の散布が大粒化を促すかどうかは今のところ明らかになっていないが、病害防除を目的とした散布が粒径増大につながる可能性があるため、現時点では、これら小粒品種においてはピラクロストロビン剤の散布は留意が必要である。また、成熟遅延は地域によっては後作への影響や早霜を受ける可能性の増大などにつながるため、地域、品種、作付体系を考慮する必要がある。

**謝辞：**本研究の統計処理については農業環境技術研究所の山村光司博士に助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

## 引用文献

- Bartlett, D.W., J.M. Clough, J.R. Godwin, A.A. Hall, M. Hamer and B. Parr-Dobrzanski 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Manag. Sci.* 58 : 649–662.
- Fehr, W.R., C.E. Caviness, D.T. Burmood and J. Pennington 1971. State of development descriptions for soybean, *Glycine max* (L.) Mer. *Crop Sci.* 11 : 929–931.
- 藤井弘志・松田裕之・森静香 2007. 早期落葉がダイズの小粒化に及ぼす影響. *日土肥要旨集* 53 : 127.
- 藤波博子 2003. 味噌への利用. 海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編, 総合農業研究叢書 44 我が国における食用豆類の研究. 中央農業総合研究センター, つくば. 510–516.
- Gerhard M., J. Habermeyer and V. Zinkernagel 1999. The impact of strobilurins on plant vitality on winter wheat under field conditions. In Lyr P., E. Russell, H.-W. Dehne and H.D. Sisler eds., *Modern Fungicides and Antifungal Compounds II*. Intercept Ltd, Andover, UK. 197–208.
- Glaab, J. and W. M. Kaiser 1999. Increased nitrate reductase activity in leaf tissue after application of the fungicides Kresoxim-methyl. *Planta* 207 : 442–448.
- Grossmann, K. and G. Retzlaff 1997. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). *Pestic. Sci.* 50 : 11–20.
- Grossmann, K., J. Kwiatkowski and G. Caspar 1999. Regulation of phytohormone levels, leaf senescence and transpiration by the strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). *J. Plant Physiol.* 154 : 805–808.
- 日野勲 2007. 新規殺菌剤ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤の特性と使い方. *植物防疫* 61 : 515–518.
- 細井知弘 2003. 納豆への利用. 海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編, 総合農業研究叢書 44 我が国における食用豆類の研究. 中央農業総合研究センター, つくば. 499–504.
- 井上健一 2002. 福井県. 農業技術大系 追録 24 : 技 80 の 10–14.
- Jabs, T., J. Pfirrmann, S. Schäfer, Y.X. Wu and A. von Tiedemann 2002. Anti-oxidative and anti-senescence effects of the strobilurin pyraclostrobin in plants : a new strategy to cope with environmental stress in cereals. *The BCPC Conference Pests & Diseases 2002 Conference Proceedings Volume 2*. 941–946.
- 掛田博之 2003. 煮豆への利用. 海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編, 総合農業研究叢書 44 我が国における食用豆類の研究. 中央農業総合研究センター, つくば. 505–510.
- Koehle H., K. Grossmann, T. Jabs, M. Gehard, W. Kaiser, J. Glaab, U. Conrath, K. Seehaus and S. Herms 2002. Physiological effects of the strobilurin fungicide F500 on Plant. In H.W. Dehne ed., *Modern Fungicides and Antifungal Compounds III*. Agroconcept Bonn, Germany. 61–74.
- Nason, M.A., J. Farrar and D. Bartlett 2007. Strobilurin fungicides induce changes in photosynthetic gas exchange that do not improve water use efficiency of plants grown under conditions of water stress. *Pest Manag. Sci.* 63 : 1191–1200.
- 日本植物防疫協会 2005. メトキシアクリレート系殺菌剤. 日本植物防疫協会編, 農薬ハンドブック 2005 年版 (改訂新版). 日本植物防疫協会, 東京. 377–386.
- 農林水産省大臣官房統計部 2009. 平成 20 年度作物統計 (普通作物・飼料作物・工芸農作物) 農林水産省大臣官房統計部編. 農林水産省 東京. 112.
- 小野伴忠・塚本知玄 2003. 豆腐への利用. 海妻矩彦・喜多村啓介・酒井真次編, 総合農業研究叢書 44 我が国における食用豆類の研究. 中央農業総合研究センター, つくば. 494–499.
- Schuh, W. 1999. Cercospora blight, leaf spot, and purple seed stain. Hartman, G.L., J.B. Sinclair and J.C. Rupe, Eds. In *Compendium of soybean diseases* 4th edition. pp. 17–18.
- Sconeyers, L.E., R.C. Kemerait, J. Brock, D.V. Phillips, P.H. Jost, E.J. Sikora, A. Gutierrez-Estrada, J.D. Mueller, J.J. Marois, D.L. Wright, C.L. Harmon 2006. Asian soybean rust development in 2005 : a perspective from the southeastern United States. Published Online. APSnet Feature, American Phytopathological Society, St. Paul, MN. <http://www.apsnet.org/publications/apsnetfeatures/Pages/SoybeanRustDev.aspx> (2010/9/22 閲覧).
- 島田信二・春口真一・神崎正明・野々川香織・中村卓司・中山則和・金榮厚・国分牧衛 2007. 主茎伸育型が異なるダイズ品種における青立ち発生要因. *日作紀* 76 (別 2) : 198–199.
- Swoboda, C. and P. Pedersen 2009. Effect of fungicide on soybean growth and yield. *Agron. J.* 101 : 352–356.
- Wu, Y.X. and A. von Tiedemann 2001. Physiological effects of azoxystrobin and epoxiconazole on senescence and the oxidative status of wheat. *Pestic. Biochem. Physiol.* 71 : 1–10.

**Effect of Pyraclostrobin on Growth, Yield and Diseases of Soybean.** : Masayasu KATO<sup>1)</sup>, Junko TAZAWA<sup>1)</sup>, Masayuki SAWAJI<sup>2)</sup> and Shinji SHIMADA<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>*Natl. Agr. Res. Cent., Tsukuba 305-8666, Japan;* <sup>2)</sup>*BASF Japan Ltd.*)

**Abstract** : The effects of pyraclostrobin, a strobilurin fungicide, applied at different times and concentrations on the growth, yield, and diseases of soybean were examined. In 2006, treatment with pyraclostrobin [150 g active ingredient (a.i.) ha<sup>-1</sup>] at the end of flowering delayed maturation and increased 100-seed weight more than treatment with iminoctadine albesilate (400 g a.i. ha<sup>-1</sup>). This effect was not observed when pyraclostrobin was sprayed at the beginning of flowering. In 2007, seed weight and the proportion of large seeds were increased by the treatment with pyraclostrobin at either 133, 67, or 40 g a.i. ha<sup>-1</sup>; the fungicide was more effective at a higher concentration. At either time or concentration examined, pyraclostrobin reduced the occurrence of seeds with purple stain more effectively than iminoctadine albesilate or no fungicide spraying. There was no difference in diseased leaf area (bacterial pustules, rust, and brown spot) among the fungicide treatments. These results indicated that pyraclostrobin spraying reduced the occurrence of seeds with purple stain and increased seed size.

**Key words** : Purple stain, Pyraclostrobin, Seed size, Seed weight, Soybean.

---