

# オーキシンおよびジャスモン酸の散布によるイネ (*Oryza sativa* L.) の高温不稔の軽減効果

三井貴博<sup>1)</sup>・丸山幸夫<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>2)</sup> 筑波大学生命環境系)

**要旨:** イネ (*Oryza sativa* L.) は生殖成長期の高温ストレスに敏感であり, 温度上昇に伴って不稔糊 (高温不稔) の発生が増加する. 今後, 地球の平均気温が上昇すると, 高温不稔が深刻な問題になる. そこで, 本研究では穂ばらみ期に植物ホルモンのオーキシン (IAA) とジャスモン酸 (JA) をそれぞれ散布することにより, イネの高温不稔を軽減できるか調べた. コシヒカリと高温耐性品種のあきたこまちの苗をポットで栽培し, 穂ばらみ期に 39℃, 12 時間の高温処理を 5 日間連続で行った. 高温処理開始の前日と処理中に IAA または JA を合計 4 回散布し, 成熟期に茎葉乾物重と穂重, 地上部乾物重, 不稔率, 1 穂あたり初数, 1 穂あたり初重, 1 初重を調査した. あきたこまちは IAA 10<sup>-7</sup> M の散布によって高温不稔が軽減されたが JA による影響はみられなかった. コシヒカリでは IAA, JA とも不稔は軽減されなかった.

**キーワード:** イネ, オーキシン, 高温, ジャスモン酸, 不稔.

人口増加や開発途上国の経済発展などで世界の穀物需要は増加が見込まれるが, 地球温暖化や水資源の制約, 土壌劣化が顕在化しつつあり, 需給の逼迫も懸念される (農林水産省 2016a). 米の生産量・需要量は 2050 年にはアジアが世界の約 9 割を占め, アフリカでも需要量の伸びが予想される (農林水産省 2016b). しかしイネは生殖成長期に生育適温を超えると, 不稔糊が発生 (以下, 高温不稔とする) して収量が低下する (Satake and Yoshida 1978). 日本の年平均気温は上昇し, 100 年あたり 1.19℃の割合で上昇している. 2007 年は日本で深刻な高温不稔が発生し, 2~23%の穎花が不稔となった (Hasegawa ら 2011). 今後更に気温が上昇すると, イネの高温不稔はますます深刻化することが懸念される. また, 森田 (2008) の指摘のように, 受精障害による高温不稔の発生は稲作現場に極めて大きな影響を及ぼす. したがって今後はイネの高温不稔による収量低下を防ぐ手法の開発が必要である.

オオムギ (*Hordeum vulgare* L.) やシロイヌナズナ (*Arabidopsis thaliana* L.) では, 高温条件下でもオーキシン (IAA) の散布により花粉発育を促進させ, 高温不稔を軽減することが分かっている (Sakata ら 2010). また, 外国のイネ品種で開花期に IAA を散布し, 高温環境でも稔実率低下を軽減することも明らかになっている (Sharma ら 2018). しかしこれまでに, 穂ばらみ期における検討は行われていない. そこで本研究では新たに日本の主要なイネ品種を用いて, 穂ばらみ期の IAA 散布が高温不稔発生と玄米の発達に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした. 一方, ジャスモン酸 (JA) を外因的に散布することで, 高温ストレスを与えたシロイヌナズナに耐性を持たせることができる (Clarke ら 2009). 他にもコチオウラン (*Phalaenopsis Aphrodite*) は, 40℃で 4 日間の高温ストレス下で JA を散布することで耐

熱性が高まることが知られている (Yang ら 2011). さらに JA 濃度および酵素活性を高めることで, アンスリウム (*Anthurium andraeanum*) においても高温耐性が誘導される (Dong ら 2007). これらをもとに, イネにおいても外因的な JA の散布により高温ストレスへの防御反応が引き起こされ, 高温不稔が軽減されると仮説を立てた. イネの高温不稔を JA の散布で軽減させる取り組みはこれまで行われていない. 本研究によりイネの高温不稔を軽減させる方法が確立されれば, アジアの多くの国で需要の多い作物であるイネの供給を, 今後も安定的に行っていくことができる.

## 材料と方法

### 1. 供試材料と栽培条件

本試験は, 茨城県つくば市の筑波大学農林技術センターのビニルハウス, 自然光グロスチャンパーおよび人工気象室において 2016 年 5 月から 10 月に行った. 供試材料にはコシヒカリと, 高温耐性品種のあきたこまちを用いた. 1/10000 a ポット育苗培土 (いばらき培土, N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=0.5:0.9:0.5 g kg<sup>-1</sup>) 1 kg を詰めて 5 月 30 日に両品種の 5 葉苗を 1 個体移植した. 水を張ったコンテナにそれらのポットを並べ, 湛水条件で育てた.

### 2. 高温処理と植物ホルモン散布

出穂の 9~7 日前 (穂ばらみ期) に各品種の半数のポットを自然光グロスチャンパーへ, 残りの半数を人工気象室 (K30-1379, 小糸工業株式会社) へ移した. 自然光グロスチャンパーは 25℃の生育適温を維持し (Sakata ら 2010), 人工気象室は光合成量子束密度が 465.7 μmol/m<sup>2</sup>/s で昼 (7~19 時) 39℃ / 夜 (19~7 時) 25℃の高温処理 (Endo ら 2009) を 5 日間行った. 高温処理の前と期間中に IAA と JA 溶液をそ

第1表 あきたこまちとコシヒカリの茎葉乾物重、穂重、地上部乾物重。

処理 (M)		茎葉乾物重 (g/ ポット)		穂重 (g/ ポット)		地上部乾物重 (g/ ポット)	
		25℃	39℃	25℃	39℃	25℃	39℃
あきたこまち							
IAA	10 <sup>-6</sup>	21.9 ± 1.4	26.1 ± 0.6*	16.9 ± 2.7	6.3 ± 0.5	38.8 ± 1.4	32.5 ± 0.6
	10 <sup>-7</sup>	21.8 ± 2.5	27.1 ± 0.6	17.8 ± 0.4	7.3 ± 0.7*	39.7 ± 2.7	33.2 ± 2.6
	10 <sup>-8</sup>	20.6 ± 2.4	27.7 ± 1.1	12.3 ± 3.3	5.2 ± 0.1	32.9 ± 5.6	33.7 ± 2.1
JA	10 <sup>-6</sup>	19.4 ± 1.9	30.2 ± 1.8	10.4 ± 1.7	5.2 ± 0.6	31.6 ± 2.5	36.2 ± 1.1
	10 <sup>-7</sup>	23.4 ± 2.0	29.4 ± 1.8	15.9 ± 0.7	3.8 ± 2.8	39.3 ± 1.6	34.5 ± 2.2
	10 <sup>-8</sup>	24.1 ± 1.0	27.7 ± 1.7	15.2 ± 2.3	7.0 ± 0.9*	41.3 ± 1.0	34.1 ± 1.4
無処理		18.3 ± 3.8	30.2 ± 0.9	11.3 ± 5.1	4.8 ± 0.4	32.5 ± 7.6	36.0 ± 0.9
コシヒカリ							
IAA	10 <sup>-6</sup>	29.1 ± 1.6	27.9 ± 3.5	12.8 ± 4.1	3.4 ± 1.9	41.9 ± 5.1	31.3 ± 5.0
	10 <sup>-7</sup>	26.4 ± 0.2	33.1 ± 0.8	11.4 ± 1.6	4.9 ± 0.4	37.8 ± 1.8	37.9 ± 1.2
	10 <sup>-8</sup>	25.1 ± 2.5	34.2 ± 3.2	12.0 ± 9.0	4.8 ± 2.0	37.1 ± 10.1	39.1 ± 4.3
JA	10 <sup>-6</sup>	27.7 ± 1.8	31.6 ± 1.5	18.4 ± 4.6	3.0 ± 1.4	46.0 ± 4.8	34.6 ± 1.3
	10 <sup>-7</sup>	28.4 ± 1.3	32.6 ± 1.6	21.9 ± 1.4	2.0 ± 1.7	50.4 ± 1.5	34.6 ± 2.4
	10 <sup>-8</sup>	27.9 ± 1.7	32.2 ± 0.6	19.8 ± 2.0	2.4 ± 1.4	47.5 ± 3.7	34.5 ± 1.4
無処理		23.9 ± 2.9	33.5 ± 1.7	17.1 ± 4.5	3.2 ± 1.1	41.0 ± 5.0	36.7 ± 1.6

数値は平均±標準誤差を示す (n=3)。\*は無処理区との間で、5%水準で有意であることを示す (Dunnett 法)。

れぞれハンドスプレーで茎葉に散布した。IAAは高濃度で散布すると既存の根の生育および新根の伸長が阻害される (久保・佐々木 1973)。また Sakata ら (2010) では高濃度の 2,4-D 散布による生育阻害が報告されている。そこで本研究では Nakamura ら (2003) を参考に、IAA の処理濃度を 10<sup>-6</sup>、10<sup>-7</sup>、10<sup>-8</sup> M とした。JA の処理濃度も同様にし、無処理区には蒸留水を散布した。散布の直前に Tween 20 を 0.1% になるように混ぜた (Sakata ら 2010)。散布の回数は高温処理の前日と処理中の 1, 3, 5 日目の計 4 回として (Sakata ら 2010) 1 ポットに 20 mL 散布し、各処理を 3 ポットに行った。高温処理後、筑波大学農林技術センターのビニルハウスにポットを戻し、水を張ったコンテナ内で登熟させた。

### 3. 茎葉乾物重、地上部乾物重、収量および収量構成要素、不稔率の調査

4 回目の植物ホルモンを散布してから 5~6 日後に出穂した穂にラベルを付けた。あきたこまちの出穂期は 8 月 1 日、コシヒカリは 8 月 9 日だった。成熟期にイネの株を抜き取り、穂を茎葉と分けて回収した。ラベルが付いた穂 (1~15 穂、平均 4.16 穂) と付いていない穂を分けて 14 日間自然乾燥させ、収量調査に供した。茎葉は送風式乾燥機で 80℃、48 時間乾燥後に乾物重を測定した。ラベルが付いた穂を脱穀し、籾を比重 1.06 の塩水で塩水選を行った。浮いたくず籾は自然乾燥させた後に比重 0.85 のエタノール水溶液に入れ、浮いた籾を不稔籾として (Kobata ら 2010) 粒数を数えた。塩水選で沈んだ精籾は自然乾燥させた後に粒数カウンター (KC 1M5, 藤原製作所) で粒数を数え、送風式乾燥機で 80℃、48 時間乾燥後に乾物重を測定した。

精籾とくず籾、不稔籾の数を合計して全籾数とし、調査穂数で除して 1 穂当たり籾数を算出した。不稔籾数を全籾数で除して 100 を掛けて不稔率を算出した。また、精籾重とくず籾重、不稔籾重を合計した全籾重を調査穂数で除して、1 穂あたり籾重を算出した。更に精籾重を精籾数で除すことで 1 籾重を算出した。ラベルが付いていない穂と付いている穂を合わせた穂重を調査し、それを茎葉乾物重と合わせて地上部乾物重とした。各調査項目の反復は 3 回とした。

### 4. 人工気象室と自然光グロスチャンバー内の温度の計測

温度データロガー (TR-71U, TR-72U ティアンドデイ) を人工気象室または自然光グロスチャンバーの床から約 1.5 m の高さに設置した。10 分間隔で温度の計測を行い、1 日ごとに平均気温を算出した。

### 5. 統計分析

統計処理には Statistix 9 (version 9.0, Analytical Software 2008, Tallahassee, FL, USA) を用いた。多重比較には Dunnett 法を用いた。2 群の気温間の比較には t 検定を用いた。

## 結 果

### 1. 人工気象室と自然光グロスチャンバー内の温度

高温処理中の人工気象室の昼温と夜温は、あきたこまちがそれぞれ 39.3~42.1℃、25.0~25.2℃、コシヒカリがそれぞれ 39.7~40.0℃、25.2~25.4℃であった。自然光グロスチャンバー内の温度はあきたこまちが 24.9~25.1℃、コシヒカリが 25.2~25.4℃であった。

第2表 あきたこまちとコシヒカリの不稔率, 1穂あたり籽数, 1穂あたり籽重.

処理 (M)		不稔率 (%)		1 穂あたり籽数		1 穂あたり籽重 (g)	
		25℃	39℃	25℃	39℃	25℃	39℃
あきたこまち							
IAA	10 <sup>-6</sup>	8.0 ± 1.7	75.7 ± 4.7	61.5 ± 5.7	54.1 ± 7.7	1.24 ± 0.08	0.48 ± 0.04
	10 <sup>-7</sup>	7.9 ± 1.7	47.9 ± 8.2*	75.4 ± 10.3	74.0 ± 12.4	1.61 ± 0.29	1.12 ± 0.17*
	10 <sup>-8</sup>	8.3 ± 4.8	64.5 ± 10.0	56.3 ± 0.9	48.2 ± 11.6	1.18 ± 0.08	0.52 ± 0.21
JA	10 <sup>-6</sup>	4.3 ± 0.2	77.4 ± 3.3	59.8 ± 9.8	47.7 ± 0.9	1.35 ± 0.23	0.39 ± 0.03
	10 <sup>-7</sup>	9.3 ± 0.8	86.4 ± 1.9	58.4 ± 8.0	44.3 ± 8.4	1.19 ± 0.16	0.31 ± 0.07
	10 <sup>-8</sup>	6.7 ± 2.8	77.2 ± 5.2	55.2 ± 5.1	56.0 ± 3.0	1.20 ± 0.17	0.50 ± 0.11
無処理		5.6 ± 1.6	82.2 ± 8.4	69.1 ± 7.5	55.1 ± 15.6	1.55 ± 0.20	0.44 ± 0.20
コシヒカリ							
IAA	10 <sup>-6</sup>	8.5 ± 4.3	82.5 ± 18.1	51.2 ± 6.7	35.3 ± 11.1	1.06 ± 0.20	0.24 ± 0.11
	10 <sup>-7</sup>	9.6 ± 2.8	92.1 ± 0.8	55.6 ± 0.6	39.2 ± 10.3	1.08 ± 0.04	0.20 ± 0.06
	10 <sup>-8</sup>	9.9 ± 0.9	91.8 ± 8.0	46.5 ± 7.7	41.0 ± 9.6	0.90 ± 0.16	0.24 ± 0.13
JA	10 <sup>-6</sup>	7.2 ± 1.7	94.0 ± 5.4	69.7 ± 11.9	35.1 ± 10.0	1.47 ± 0.28	0.16 ± 0.10
	10 <sup>-7</sup>	7.4 ± 1.1	97.6 ± 1.1	63.2 ± 8.6	56.3 ± 18.9	1.34 ± 0.18	0.23 ± 0.07
	10 <sup>-8</sup>	7.0 ± 2.9	96.3 ± 2.4	62.0 ± 7.0	48.9 ± 19.8	1.25 ± 0.17	0.21 ± 0.09
無処理		6.5 ± 1.4	94.5 ± 3.4	62.7 ± 11.6	37.6 ± 8.3	1.32 ± 0.25	0.18 ± 0.07

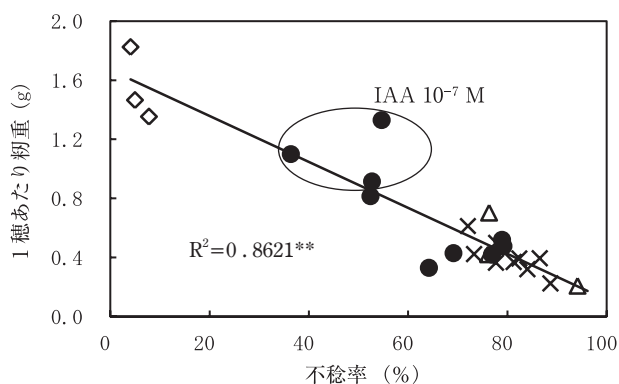
数値は平均±標準誤差を示す (n=3). \*は無処理区との間で, 5%水準で有意であることを示す (Dunnett 法).

## 2. 茎葉乾物重, 穂重および地上部乾物重

あきたこまちとコシヒカリの茎葉乾物重, 穂重, そしてそれらを合わせた地上部乾物重を第1表に示す. あきたこまちの茎葉乾物重は39℃のIAA 10<sup>-6</sup> M区を除いて, 植物ホルモン処理区と無処理区との間に有意差がなかった. コシヒカリでは全ての処理区において, 無処理区との有意差がなかった. しかし, いずれの品種とも25℃より39℃で茎葉乾物重が有意に大きくなった ( $p<0.01$ ). あきたこまちの39℃での穂重はIAA 10<sup>-7</sup> M区とJA 10<sup>-8</sup> M区のみで, 無処理区よりも有意に大きくなった. コシヒカリでは, 各処理区と無処理区との間に有意差がなかった. いずれの品種とも, 39℃よりも25℃で有意に大きくなった ( $p<0.01$ ). あきたこまちの地上部乾物重は植物ホルモン処理区と無処理区との間に有意差はなかった. この結果はコシヒカリでも同様であったが, コシヒカリは25℃より39℃の地上部乾物重が有意に小さかった ( $p<0.01$ ).

## 3. 不稔率

あきたこまちとコシヒカリの不稔率を第2表に示す. あきたこまちの39℃の不稔率は, IAA 10<sup>-7</sup> M区で47.9%となった. これは82.2%の無処理区と有意差があり, 高温不稔が軽減されていた. コシヒカリの不稔率は39℃のいずれの処理区も90%程度となり, 植物ホルモン処理により高温不稔が軽減されなかった. いずれの品種も25℃の不稔率は10%以下となり, 植物ホルモン処理区と無処理区との間に有意差はなかった.



第1図 あきたこまちの不稔率と1穂あたり籽重との関係.

●: IAA (39℃), ×: JA (39℃), △: 無処理 (39℃), ◇: 無処理 (25℃)

\*\*は1%水準で有意であることを示す.

## 4. 1穂あたり籽数および1穂あたり籽重, 1籽重

あきたこまちとコシヒカリの1穂あたり籽数と1穂あたり籽重を第2表に示す. あきたこまちの1穂あたり籽数は, 25℃と39℃のいずれの気温においても, 植物ホルモン処理区と無処理区との間に有意差がなかった. この結果はコシヒカリでも同様であった. あきたこまち, コシヒカリとも25℃よりも39℃で1穂あたり籽数と1穂あたり籽重が有意に減少した ( $p<0.01$ ). しかし, あきたこまちの39℃での1穂あたり籽重は, IAA 10<sup>-7</sup> M区で無処理区よりも有意に大きくなった. コシヒカリの1穂あたり籽数も25℃より39℃で有意に減少し ( $p<0.01$ ), あきたこまちのようなIAAによる籽重の増加はなかった. あきたこまちの不稔率と1穂あたり籽重の関係を第1図に示す. R<sup>2</sup>値は0.8621で1%水準



第3表 あきたこまちとコシヒカリの1穂重.

処理 (M)		あきたこまち 1穂重 (mg)		コシヒカリ 1穂重 (mg)	
		25℃	39℃	25℃	39℃
IAA	10 <sup>-6</sup>	21.6 ± 0.4 *	22.8 ± 1.1	21.8 ± 0.9	21.6 ± 1.4
	10 <sup>-7</sup>	22.7 ± 0.9	24.9 ± 0.9	20.9 ± 0.7	22.1 ± 1.6
	10 <sup>-8</sup>	22.5 ± 0.5	23.1 ± 1.4	20.9 ± 0.9	24.0 ± 0.9
JA	10 <sup>-6</sup>	23.4 ± 0.1	22.5 ± 1.4	22.2 ± 0.3	25.3 ± 0.4
	10 <sup>-7</sup>	22.0 ± 0.2 *	23.5 ± 1.2	22.4 ± 0.2	18.3 ± 4.7
	10 <sup>-8</sup>	23.0 ± 0.5	24.2 ± 0.1	21.1 ± 0.5	21.1 ± 1.5
無処理		23.5 ± 0.2	21.6 ± 1.5	21.9 ± 0.2	22.3 ± 3.5

数値は平均±標準誤差を示す (n=3). \*は無処理区との間で、5%水準で有意であることを示す (Dunnett 法).

で有意となり、39℃では不稔率が低いほど1穂あたり穂重が大きくなった. 特に IAA 10<sup>-7</sup> M 区は不稔率が低く、1穂あたり穂重が高温処理区と比較すると顕著に大きかった. あきたこまちとコシヒカリの1穂重を第3表に示す. あきたこまちが 21.6~24.9 mg, コシヒカリが 18.3~25.3 mg となった.

## 考 察

あきたこまちでは IAA 10<sup>-7</sup> M 区で 39℃でも不稔が軽減されることが初めて明らかになった (第2表). これはオオムギやシロイヌナズナで IAA の散布によって高温不稔が軽減される結果 (Sakata ら 2010) と一致する. しかし, あきたこまちにおける IAA の最適濃度は Sakata ら (2010) のいずれの植物とも異なり, これらの植物間でオーキシンの感受性が異なることが示唆される. そしてあきたこまちでは IAA 10<sup>-7</sup> M が高温不稔を軽減するために適する濃度であると考えられる. コシヒカリでも 10<sup>-6</sup> M の IAA 処理により, 有意ではないが高温不稔の軽減の傾向がみられた. これらの処理区では高温環境下でも花粉粒が発達していたと考えられる. IAA は植物の花粉発達の促進に働く YUCCA 遺伝子の発現を誘導するため (Sakata ら 2010), 高温条件下でも正常に花粉が発達していたと考えられる. また, Sharma ら (2018) は IAA の処理効果の品種間差を報告しており, 今後はより多くの品種で IAA 処理の影響を検討する必要がある. 一方, 今回の JA の処理濃度では高温不稔は軽減されないことが明らかになった. JA 処理を行うタイミングの詳細や処理濃度について, 再検討が必要である.

一方, あきたこまちの1穂あたり穂数は 39℃で有意な減少が見られたが, 1穂あたり穂重は IAA 10<sup>-7</sup> M 区以外で減少していた (第2表). この原因は 39℃の IAA 10<sup>-7</sup> M 区以外の処理区では不稔穂が多かったためと考えられる. 39℃のコシヒカリは, 全ての処理区で不稔率が 90%程度になり, 不稔穂数の増加と稔実穂数の減少が示唆された (第2表). また不稔率と1穂あたり穂重には相関があり (第1図), 不稔率を軽減することにより穂の生産性を維持できることが明らかになった. また, コシヒカリは 25℃に比べて 39℃

の全ての処理区で1穂あたり穂数と1穂あたり穂重のいずれも有意に減少しており, 穎花の形成と穂の充実が高温によって著しく阻害されたと考えられる. これは 39℃では植物ホルモンを散布しても高温不稔が軽減されなかった点からも示唆される. 穂数が減少した理由は, 高温処理とその後のビニルハウスで高温にさらされ, 穎花の一部が白化したためと考えられる. 高温低湿度で風のある条件では, 穂首の水の通導抵抗が増加する. そして穂の蒸散速度の一時的な増加によって穂首の木部の水ポテンシャルが低下することで白穂が発生する (平沢 2000). ビニルハウスは熱がこもりやすく, 東西南北の窓を開けていたため風も通りやすい環境だった. 以上の要因により出穂期から登熟期にかけて穂の中の一部の穎花に白化が多く発生したと考えられる. 白化した穎花は調査に用いなかったため, 1穂あたり穂数は 39℃では有意に減少していたと考えられる.

いずれの品種も 39℃の無処理区では不稔率が高くなっており (第2表), 高温により花粉粒の発達阻害が起こっていたと考えられる. 高温不稔が軽減されたあきたこまちの一部の区においては, 植物ホルモン散布により高温条件下でも花粉粒の発達が促進されていたと考えられる. 今後は裂開前の穂を採取し, 外観の観察と充実花粉粒数を調べる必要がある.

謝辞: 本研究を行うにあたり, 野村港二博士に論文とりまとめ等についての助言をいただきました. また, 山田小須弥博士に植物ホルモン処理の助言をいただきました. ここに記して感謝の意を表します.

## 引用文献

- Clarke, S.M., Cristescu, S.M., Miersch, O., Harren, F.J., Wasternack, C. and Mur, L.A. 2009. Jasmonates act with salicylic acid to confer basal thermotolerance in *Arabidopsis thaliana*. New Phytol. 182: 175-187.
- Dong, M., Wang, Y.-S., Kang, L.-F., Zhang, C. and Liu, C.-B. 2007. Effect of high temperature on jasmonic acid (JA) concentration and antioxidation of *Anthurium andraeanum* seedling leaf. Chinese Journal of Eco-Agriculture 15: 102-104.

- Endo, M., Tsuchiya, T., Hamada, K., Kawamura, S., Yano, K., Ohshima, M., Higashitani, A., Watanabe, M. and Kawagishi-Kobayashi, M. 2009. High temperatures cause male sterility in rice plants with transcriptional alterations during pollen development. *Plant Cell Physiol.* 50: 1911-1922.
- Hasegawa, T., Ishimaru, T., Kondo, M., Kuwadata, T., Yoshimoto, M. and Fukuoka, M. 2011. Spikelet sterility of rice observed in the record hot summer of 2007 and the factors associated with its variation. *J. Agric. Meteorol.* 67: 225-232.
- 平沢正 2000. 高温低湿度強風条件における水稻の白穂の発生とその機構. *北陸作報* 35: 81-82.
- Kobata, T., Akiyama, Y. and Kawaoka, T. 2010. Convenient estimation of unfertilized grains in rice. *Plant Prod. Sci.* 13: 289-296.
- 久保顕・佐々木信介 1973. 数種の植物生長調整物質によるイネの生育制御について. *日作東北支部報* 15: 10-12.
- 森田敏 2008. イネの高温登熟障害の克服に向けて. *日作紀* 77: 1-12.
- Nakamura, A., Shimada, Y., Goda, H., Fujiwara, T.M., Asami, T. and Yoshida, S. 2003. AXR1 is involved in BR-mediated elongation and *SAUR-AC1* gene expression in Arabidopsis. *FEBS Letters* 553: 28-32.
- 農林水産省 2016a. 食料・農業・農村白書. 日経印刷株式会社. 東京. 40-41.
- 農林水産省 2016b. 海外食料需給レポート2016. 106.
- Sakata, T., Oshino, T., Miura, S., Tomabeche, M., Tsunaga, Y., Higashitani, N., Miyazawa, Y., Takahashi, H., Watanabe, M. and Higashitani, A. 2010. Auxins reverse plant male sterility caused by high temperatures. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 107: 8569-8574.
- Satake, T. and Yoshida, S. 1978. High temperature-induced sterility in indica rices at flowering. *Jpn. J. Crop Sci.* 47: 6-17.
- Sharma, L., Dalal, M., Verma, R.K., Kumar, S.V.V., Yadav, S.K., Pushkar, S., Kushwaha, S.R., Bhowmik, A. and Chinnusamy, V. 2018. Auxin protects spikelet fertility and grain yield under drought and heat stresses in rice. *Environ. Exp. Bot.* 150: 9-24.
- Yang, H., Yan, S., Chen, H., Yang, C., Yang, F. and Liu, Z. 2011. Effect of exogenous methyl jasmonate, calcium and salicylic acid on the heat tolerance in *Phalaenopsis* seedlings under high temperature stress. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 27: 150-157.

**Alleviation of Spikelet Sterility of Rice Caused by High Temperatures by Applying Auxin and Jasmonic Acid** : Takahiro MITSU<sup>1)</sup> and Sachio MARUYAMA<sup>2)</sup> (<sup>1)</sup>*Grad. Sch. of Life and Environ. Sci., Univ. of Tsukuba*; <sup>2)</sup>*Fac. of Life and Environ. Sci., Univ. of Tsukuba*)

**Abstract** : Spikelet sterility is increased under high temperatures at the reproductive stage in rice (*Oryza sativa* L.). We thus investigated whether plant hormones, such as auxin and jasmonic acid, alleviate spikelet sterility caused by high temperatures at the booting stage. Rice cultivars, Akitakomachi, and Koshihikari, were grown in pots, and the plants were exposed to 39°C day / 25°C night for 5 successive days at the booting stage. The entire shoots were sprayed with auxin (IAA) or jasmonic acid (JA) solution before and during the high-temperature (39°C) treatment four times in total. Plants grown at 25°C day / 25°C night were similarly sprayed with plant hormones to serve as controls. The panicles, headed 5 to 6 days after the treatment, were sampled at maturity and the percentage of sterility was determined. The application of 10<sup>-7</sup> M IAA alleviated spikelet sterility caused by the high temperature in Akitakomachi, while JA had little alleviation effect. In contrast, the application of neither IAA nor JA had any significant alleviation effect on spikelet sterility caused by the high temperature in Koshihikari.

**Key words** : Auxin, High temperature, Jasmonic acid, Rice, Spikelet sterility.