

ストレプトマイシンによる無核四倍体 ブドウ果実の良品質な房作りのための 満開時ジベレリン散布の効果

石川一憲*・高橋久光**・加藤弘昭***・池田富喜夫****

(平成 13 年 1 月 19 日受付/平成 13 年 7 月 19 日受理)

要約：ストレプトマイシン散布で無核化した四倍体ブドウ‘藤稔’と‘巨峰’の房形、軸茎生長、果実肥大を改善するために、満開時の GA 処理濃度の検討を行った。得られた主な点はつぎのようであった。

1) 良品質な果房生産には、満開時に 2.5 から 25 ppm 濃度の GA 散布が有効であった。この作業を省くと、両品種とも主軸長、支梗長などの果粒を支える軸生長が不充分であり、また、果粒の肥大がやや小さかった。また、この反応は第 1 果房でも第 2 果房でも同様であった。

2) 四倍体ブドウの安定した無核化生産には、① 無核化誘発のための満開前 9 日またはそれ以前に SM 200 ppm 処理を行い、果房整形し、つぎに② 満開時に 2.5~25 ppm の GA 処理を行い、さらに③ 果実の肥大促進を図るため満開後 10 日目に GA 25 ppm の後処理が必要であった。そして、①と②の浸漬処理は、噴霧器による散布処理に代替でき、薬剤処理作業を簡素化できた。

キーワード：四倍体ブドウ、無核化、ストレプトマイシン、ジベレリン、散布時期

緒 言

著者らは先にストレプトマイシン（以後 SM と記す）が四倍体品種‘藤稔’や‘巨峰’ブドウにおいてジベレリン（以後 GA と記す）より安定して完全な無核果実を誘発することを明らかにした¹⁾。そして、第 1 花房、第 2 花房など生育条件の異なる花穂においても、満開前 18 日という早い時期の SM 処理が、完全無核化に効果のあることを指摘した。

さらに、果実肥大のために満開後 11 日に GA 25 ppm を後処理すると、果粒の大きい無核果房を収穫できた。しかしながら、先に小笠原²⁾や LEE³⁾や WIDODO^{4,5)}が認めたと同様に、収穫果房の形状や果粒の大きさが有核果房に比較してやや小さかった。この点については、前報⁶⁾で指摘したように、満開時に GA 12.5 ppm 処理を加えると、明らかに改善されることを知った。

そこで本報告では、満開時の GA 処理濃度について検討した。また、その際これまでのように 1 房づつかップに浸漬する処理方法をより簡便化するため、動力噴霧器で散布して処理する方法についても検討を行った。

材料及び方法

第 1 実験：東京農業大学厚木農場に栽植されている 10

年生の‘藤稔’3 樹と 24 年生の‘巨峰’3 樹を用いた。SM はアグレプト液剤（明治製菓製、SM 20% 含有）の 1,000 倍希釈液（200 ppm）とし、また GA はジベレリン粉末（協和醸酵製、GA 3.1% 含有）の 25, 12.5, 5, 2.5 ppm 相当濃度の希釈液とした。

SM 処理は‘藤稔’では 1997 年 5 月 26 日（開花 2 日前、満開 7 日前）に、‘巨峰’では 5 月 13 日（開花 8 日前、満開 15 日前）に、動力噴霧器を用いて散布処理した。棚の上、下から充分にかけ、薬量としては約 250 l/10 a を使用した。また散布時にビニル袋で包んで薬液の飛散をさけた花穂を設け、これを SM 無処理区とした。

満開時の GA 処理は 25 ppm の浸漬処理を対照区として、肩掛け噴霧器（2 頭口）で亜主枝毎に GA 25, 12.5, 5, 2.5, 0（水道水のみ）ppm の濃度別に 5 つの処理区を設けて行った。

GA 25 ppm による後期処理は‘巨峰’では満開 10 日後にあたる 6 月 7 日に、‘藤稔’では 6 月 12 日にすべての果房を浸漬処理した。1 区につき 8 果房を供試した。

花の整形は、開花が 1 割程度に達した 5 月 23 日~27 日に房先から約 4 cm を残して、他の支梗はすべて主軸から剪除して行った。果房の摘粒は 6 月 24~27 日に、収穫を目的とした第 1 果房について行い、‘藤稔’では 28~30 粒、‘巨峰’では 35~38 粒残して行った。生育中に切り離す第

* 東京農業大学短期大学部生物生産技術学科

** 東京農業大学国際食料情報学部国際農業開発学科

*** 東京農業大学農学部

**** 東京農業大学農学部農学科

2 果房については成りゆきまかせ、摘粒は行わなかった。

無核果率と果房の形状を、‘藤稔’では7月9日、‘巨峰’では7月10日に第2果房を切り離して調査した。さらに、‘藤稔’8月29日、‘巨峰’8月28日の収穫時に残された第1果房の無核果率、果房の形状、および糖度や酸度など果実品質について前報¹⁾と同様の方法で分析、調査を行った。

尚、区間による平均値の有意差は、満開時のGA濃度を要因とする一元配置の分散分析を行った後、要因の影響が有意であった場合に、Tukeyの多重検定⁷⁾を行って調べた。

第2実験：11年生の‘藤稔’3樹を供試し、1998年5月11日（開花4日前、満開9日前）にSM 200 ppmの散布試験を再度行った。さらに、満開時にGA 25 ppmと2.5 ppmの散布区を設け、慣行法のGA 25 ppm浸漬処理区の対照区と比較した。その後満開11日後に、すべての果房をGA 25 ppmで浸漬処理し、これを後処理とした。

花穂の整形は、開花が1割程度に達した5月16～18日に房先から約3.5 cmを残して、他の支梗はすべて主軸から剪除して行った。果房の摘粒は6月2～3日に、第1果房について行い、20～23粒残しで行った。第2果房は主軸の基から剪除した。

その他の方法については第1実験と同様の方法をとった。

実験結果

1) 無核果率

‘巨峰’では満開前のSM散布の果房ばかりでなく、SM散布をはぶき、満開時にGA 25 ppmを浸漬処理した果房でも、100%の無核果率を達成できた（表1）。しかし、満開前7日目にSM処理した‘藤稔’では、1997年の第1実験では、果房に数果の有核粒が認められ、完全無核果は達成できなかった（表1、表2）。しかし、1998年の第2実験では、‘藤稔’で満開前9日目にSM散布し、満開時にGA 25 ppmまたはGA 2.5 ppmの散布で完全無核化を達成できた（表3）。「巨峰」と同様に、この年の‘藤稔’では、SM散布をはぶき、GA 25 ppmを満開時に浸漬し、無核化をはかった区の果房でも、93.4%の無核果率が得られた（表3）。

2) 果房の形状

表1に示したように、生育中の果房では、満開時にGAの高濃度を受けた果房ほど、着粒数が多く、GAの散布をこのときはぶいた果房は両品種とも明らかに着粒数が少なく、花振いの徴候があった（表1）。また、満開期にGA散布をうけなかった果房の主軸直径や果梗の伸長性が悪く、一方GA散布をうけた果房では、高濃度ほどこれらの伸長性が良かった（表1）。生育中に果房の摘果を行い結果数を調整したのち、収穫した果房では、果実重がほとんどをしめ、果粒を着けている軸茎重は数%にすぎなかった。しかも収穫時点でも満開期にGA散布を行わなかった果房の軸茎重が軽かった（表2）。このことは果粒重でもみられ、使用した濃度いずれでも満開時のGA散布は果粒の肥大

に効果をもたらした（表2）。

3) 果実品質

収穫果実の果汁の糖度は‘巨峰’では約19度、‘藤稔’では1997年が17度前後であったが、1998年ではこれよりやや劣った（表2、表3）。「巨峰’では糖度に年次差がみられたが、同年内のSMとGAの処理間には、散布でも浸漬でも糖度に差がなかった。また、果汁の酸度は‘巨峰’では0.65%前後であり、‘藤稔’では0.53%前後であった。酸度については‘藤稔’で年次差はなかった。SM散布の有無、満開時のGA散布の有無あるいは濃度間差を設けた区間の比較でも、果汁の酸度に差異がなかった（表2、表3）。果皮色についても同様であり、区間に大きな相違は認められなかったが、‘藤稔’の年次間ではやや違いがあり、1997年が1998年よりやや高い赤色指標の a^* 値を示した（表2、表3）。

以上の結果、無核化を図ったSMあるいはGAの処理が散布であれ、浸漬処理であれ、果房果粒の品質に大きな影響を与えることはなかった。

考 察

1) 完全無核化

著者らは前報¹⁾において、‘藤稔’、‘巨峰’いずれの品種も、満開18日前の早期のSM浸漬処理が完全な無核化を示すことを明らかにした。しかし‘藤稔’の1997年の満開7日前の散布試験では100%の無核果率を達成することができなかった。SM処理で完全な無核果率を得られなかったとする報告として、WIDODOら⁵⁾の‘ピオーネ’での61.6%、若林⁸⁾の‘藤稔’での92%、石川ら¹⁾の96%をあげることができる。これらの試験は満開数日前にSM処理を行っており、前報¹⁾で示した満開18日前の早期処理とは異なり、花穂のSMに対する感受性に違いがあることが推定でき、1997年の‘藤稔’の花穂では満開7日前の散布であったためSM処理適期を逸していたものと思われる。この理由として、1997年の春先の天候不順、つまり連日の降雨で処理適期が見逃されたものと考えられる。1998年での同様の試験では、満開9日前に散布して100%の無核果率を得たので、SMの散布処理でも、以前のSMの浸漬処理¹⁾と同様に‘藤稔’のSMによる完全無核化を図るには、少なくとも満開9日以前の早期処理を実施する必要があることがわかった。

2) 良品質な果房形成

無核四倍体ブドウである‘藤稔’では、果房重が450 g以上で、果粒が主軸長8.5～9 cmに25～30粒程度着いたコンパクトな果房が商品性からみて理想とされている^{8,9)}。したがって1粒重が15 g以上の大果が均等に主軸に着生している果房が望まれる。同様によく知られている‘巨峰’については、主軸長9～10 cmに10 g以上の果粒が30～35粒程度コンパクトに着いた、350 g以上の果房生産が理想とされている^{10～12)}。「巨峰’についてのこれまでの試験成果をみると、主軸長の確保に、満開時のGA処理が欠かせ

表 1 SM 散布後の満開時 GA 処理濃度の違いが無核果率, 果房形状に及ぼす影響^w (1997)

SM散布 ^x (200ppm)	GA処理					巨峰					藤稜					
	満開時 処理法濃度(ppm)	後処理 濃度(ppm)	無核果 率(%)	最大軸 径(mm)	着粒数 (粒)	主軸長 (cm)	支梗長 (mm)	支梗数 (串)	果梗長 (mm)	無核果 率(%)	最大軸 径(mm)	着粒数 (粒)	主軸長 (cm)	支梗長 (mm)	支梗数 (串)	果梗長 (mm)
なし	25	浸漬	100.0	5.51	52.1ab	9.5	6.14b	16.1	9.54a	89.6ab	6.07a	57.4a	10.1ab	7.12	14.1ab	10.85a
あり	25	浸漬	100.0	5.73	58.1a	9.2	6.69ab	16.7	9.74a	96.7a	5.91a	60.4a	10.7a	7.28	14.8ab	10.64ab
あり	12.5	浸漬	100.0	5.27	58.6a	9.8	6.15b	16.4	9.08ab	97.0a	6.32a	57.1ab	9.4ab	8.56	15.0ab	9.92ab
あり	5	浸漬	100.0	5.05	53.6ab	9.1	7.30a	15.0	9.39ab	96.3a	5.77ab	54.0ab	10.5a	7.29	15.6a	9.22ab
あり	2.5	浸漬	100.0	5.33	56.4ab	8.9	7.84a	15.9	9.12ab	92.7ab	5.51ab	55.3ab	9.7ab	6.86	16.4a	9.42ab
あり	無散布 ^y	浸漬	100.0	4.87	46.1b	8.8	4.48c	15.0	7.97b	88.2b	4.89b	42.0b	8.4b	8.79	12.4b	8.77b
		有意性 ^z	N.S.	N.S.	*	N.S.	*	N.S.	*	*	**	**	**	N.S.	**	*

^w; 第2果房を「藤稜」1997年7月9日、「巨峰」7月10日に調査 (n=8)

^x; 巨峰は5月13日、藤稜は5月26日に散布

^y; 水道水を散布

^z; N.S. は分散分析により有意差なし, *, **, ***: 1%水準で有意差あり
区間の異なる英小文字間には有意差あり

表 2 SM 散布後の満開時 GA 処理濃度の違いが収穫時の無核果率, 果房形状および品質に及ぼす影響^w (1997)

SM散布 ^w (200ppm)	GA処理					巨峰					藤稜												
	満開時 処理法濃度(ppm)	後処理 濃度(ppm)	無核果 率(%)	果房重 (g)	軸重 (g)	主軸長 (cm)	着粒数 (粒)	果皮色 ^a L*	果皮色 ^a a*	果皮色 ^a b*	糖度 (Brix)	酸 (%)	無核果 率(%)	果房重 (g)	軸重 (g)	主軸長 (cm)	着粒数 (粒)	果皮色 ^a L*	果皮色 ^a a*	果皮色 ^a b*	糖度 (Brix)	酸 (%)	
なし	25	浸漬	100.0	385.5a	8.6a	9.2ab	36.3	10.4	27.1	1.0a	19.4	0.65	87.2ab	491.5ab	10.9	8.8	29.0	16.6a	26.4ab	1.2	17.4	0.54	
あり	25	浸漬	100.0	384.0ab	8.5a	9.2ab	37.0	10.2	27.3	1.5ab	19.1	0.66	97.9a	504.6a	12.7	8.8	29.8	16.5a	26.0ab	1.1	17.4	0.54	
あり	12.5	浸漬	100.0	355.5ab	8.0ab	9.5ab	36.0	9.7	27.3	1.3ab	19.0	0.63	96.3ab	467.5ab	11.6	8.6	28.8	15.8ab	25.2b	0.9	17.6	0.51	
あり	5	浸漬	100.0	347.5ab	7.8ab	9.2ab	35.7	9.5	27.9	1.5ab	19.3	0.66	96.7a	435.3ab	11.6	9.1	28.4	15.0ab	26.0ab	1.0	17.8	0.54	
あり	2.5	浸漬	100.0	372.3ab	7.6ab	9.2ab	36.7	9.9	26.1	1.1a	18.9	0.64	95.4ab	441.3ab	10.5	8.9	27.7	15.3ab	27.2a	1.3	17.3	0.52	
あり	無散布 ^y	浸漬	100.0	338.5b	7.0b	8.3b	34.1	9.8	27.4	1.6b	19.0	0.65	85.2b	426.1b	10.8	8.6	28.1	14.8b	26.8ab	0.9	17.7	0.53	
		有意性 ^z	N.S.	*	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	*	N.S.	N.S.	*	*	*	N.S.	N.S.	*	*	*	*	*	N.S.

^w; 第1果房を「巨峰」1997年8月28日、「藤稜」8月29日に収穫調査 (n=8)

^x; 巨峰は5月13日、藤稜は5月26日に散布

^y; L*値は明度、a*値は赤色指標を示す

^z; N.S. は分散分析により有意差なし, *, **, ***: 1%水準で有意差あり
区間の異なる英小文字間には有意差あり

表 3 SM 散布後の満開時低濃度 GA 処理がブドウ「藤稜」の無核果率, 果房形状および品質に及ぼす影響^w (1998)

SM散布 ^x (200ppm)	GA処理					巨峰					藤稜				
	満開時 処理法濃度(ppm)	後処理 濃度(ppm)	無核果 率(%)	最大軸 径(mm)	着粒数 (粒)	主軸長 (cm)	支梗長 (mm)	支梗数 (串)	果梗長 (mm)	無核果 率(%)	最大軸 径(mm)	着粒数 (粒)	主軸長 (cm)	支梗長 (mm)	支梗数 (串)
なし	25	浸漬	93.4b	5.44	382.5	22.4	8.8	16.7	5.8	7.62b	1.88	26.2	1.01	16.6b	0.53a
あり	25	浸漬	100.0a	5.57	370.2	22.2	8.6	16.3	6.4	9.72a	2.14	26.6	0.80	17.2a	0.46b
あり	2.5	浸漬	100.0a	5.49	366.8	22.6	8.2	15.9	6.1	7.68b	2.48	26.8	0.88	16.7ab	0.52ab
		有意性 ^z	*	*	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	*	*	N.S.	N.S.	*	*

^w; 第1果房を1998年8月24~25日に収穫調査 (n=8)

^x; SMは5月11日に散布

^y; L*値は明度、a*値は赤色指標を示す

^z; N.S. は分散分析により有意差なし, *, **, ***: 1%水準で有意差あり
区間の異なる英小文字間には有意差あり

ないとする岸ら¹³⁾の報告や、着粒数の確保に満開時のGA処理が脱粒を防ぎいわゆる花振り現象を軽減するという安延¹⁴⁾や川野ら¹⁵⁾やPRATTら¹⁶⁾の報告をみることが出来る。本試験でも摘果をはぶいた第2果房の試験結果(表1)において、良品質な果房形成には満開時のGA処理は欠かせないものと思われた。また、その際のGA濃度は従来の25 ppmに比して、2.5 ppmという低いものでも同様の効果が期待できた。‘藤稔’の満開時GA処理の報告はこれまでみあたらない。1997年の収穫果房ではほぼ理想的なコンパクトなものとなったが、1998年の収穫果房では果粒重をのぞいて主軸長、果粒数、果房重すべてにおいて小さく理想から遠かった。したがって、‘藤稔’の理想的な房作りには、今回行ったSM散布後の満開前後のGA散布日の検討を行うとともに、果粒肥大に係る満開前後の摘粒作業についても今後検討を加える必要がある。

3) 果実品質

試験結果で示したように、果実の完全無核化には、少なくとも①満開前9日以前のSM処理、②満開時のGA 2.5 または 25 ppm 処理、さらには③後処理として再度のGA 25 ppm 処理の3回の薬剤処理を行う必要があるが、これらの処理で収穫時の果実品質が大きく影響をうけることはなかった。しかし著者らがやっている満開5~6日前後に果房の先端3~4 cm だけに着果させる果房の整形、さらには着粒数を20~30粒に摘粒する作業では、果実品質が年次により大きな影響をうける。これらの作業をはぶくと、果粒の斉一さが損なわれ、商品性のある品質の果房は得られなかった。これまでの無核化処理の試験で、SMやGAで品質面が大きく影響をうけていたのは^{3,8,16,17)}、個々の試験で果房の整形法や摘粒作業が異なるためであり、品質面へのSMやGAの直接的な影響ではないのではないかと考えられる。したがって満開5~6日前に行う果房整形方法についての比較、さらに摘粒強弱についての比較を含め、今後房作りと果実品質との関係をさらに検討する必要があるだろう。

4) 作業効率

ブドウ果実の無核化のための花穂や果房へのSMやGAなどの植物調整物質の処理は、従来1房づつ行う浸漬処理が一般的であった。今回、3回の処理つまり1回目のSM処理、2回目の満開時GA処理、3回目の満開10日後のGA後処理のうち、1回目と2回目を散布処理で行ったが、結果として、浸漬処理と大きな違いは知られなかった。浸漬処理を散布処理に転換することは、現在実施されている‘デラウェア’品種のGAによる無核化栽培、通称‘ジベデラ’栽培でGA浸漬処理に10a当たり約4時間を費やしていた¹⁸⁾ことを考えると、きわめて省力的になるものと思

われる。また、表2、表3で示された満開時のGA濃度が、従来の25 ppmから2.5 ppmでも処理効果をみせたことは、薬剤費の低減とともに、少なくとも2回目の満開時GA処理作業をより豊富な薬液使用で実施することが可能になるものと思われた。

引用文献

- 1) 石川一憲・高橋久光・加藤弘昭・池田富喜夫, 2001. 四倍体ブドウの無核化に及ぼすストレプトマイシンとジベレリン処理の効果. 東京農大農学集報, 46, 99-104.
- 2) 小笠原静彦, 1985. ストレプトマイシン利用によるブドウの無核果生産技術の確立(I). 広島果試研報, 11, 39-49.
- 3) LEE, C.H., KIM, S.B. and KANG, S.K., 1986. Studies on the promotion of berry set in 'Kyoho' grape (*Vitis vinifera* L. × *V. labruscana* L.) by growth regulators. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, 27, 338-346.
- 4) WIDODO, W.D., OKAMOTO, G. and HIRANO, K., 1999. Effects of application date of antibiotic on seedlessness and berry size in 'Muscat of Alexandria' and 'Neo Muscat' grapes. *Sci. Rep. Fac. Agri. Okayama Univ.*, 88, 73-78.
- 5) WIDODO, W.D.・岡本五郎・平野 健, 2000. 抗生物質による無核化処理がマスカット・オブ・アレキサンドリア幼果の発育とオーキシン及びジベレリン活性に及ぼす影響. *J. A.S.E.V. Jpn.*, 11 (1), 2-7.
- 6) 石川一憲・高橋久光・加藤弘昭・池田富喜夫, 2001. 四倍体ブドウのストレプトマイシンとジベレリン処理による無核化に及ぼす新梢長の影響. 東京農大農学集報, 46, 70-78.
- 7) 吉田 実, 1975. 実験計画法. 養賢堂, 東京, 84-87.
- 8) 若林平慈, 1995. ブドウ‘藤稔’の無核化に対するストレプトマイシンの効果. 園学北陸支部要旨, 4, 600.
- 9) 石川一憲・川上忠夫, 1990. ブドウ‘藤稔’および‘巨峰’の生育および品質の比較. 園学雑, 59 (別2), 192-193.
- 10) 望月 太・佐久間信夫, 1985. ブドウ‘巨峰’の無核果形成. 山梨果試研報, 6, 17-23.
- 11) 柴 寿, 1980. ブドウの大粒品種(巨峰・ピオーネ)に対する無核化技術. 農及園, 55 (2), 54-58.
- 12) 輪田龍治・伊藤 寿・須崎徳高, 1992. ブドウ数品種の無核果形成に及ぼすジベレリン処理の影響. 三重農技センター研報, 20, 23-30.
- 13) 岸 光夫・田崎三男・雨宮 毅, 1962. ぶどうに対するジベレリン利用試験(II). 山梨農試研報, 7, 16-19.
- 14) 安延義弘, 1972. ブドウに対する植物生長調節剤の利用法. 農及園, 47 (10), 39-42.
- 15) 川野信寿・姫野周二・織方俊雄, 1977. 巨峰・ピオーネの無核果形成に及ぼすジベレリン処理の影響. 九州農業研究, 39, 216-218.
- 16) PRATT, C. and SHAULIS, N.J., 1961. Gibberellin-induced parthenocarpy in grapes. *Jour. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 77, 322-330.
- 17) POMMER, C.V., PIRES, E.J.P., TERRA, M.M. and PASSOS, I.R. S., 1996. Streptomycin-induced seedlessness in the grape cultivar Rubi (Italia Red). *Amer. Jour. Enol. Vitic.*, 47, 340-342.
- 18) 甲府市ジベ処理委員会, 1978. デラウェアのジベレリン処理. 甲府市ジベ処理委員会編, 甲府市農業センター, pp. 112-115.

Effect of gibberellin spraying at full bloom on induction of improved clusters of seedless tetraploid grapes induced by streptomycin treatment

By

Kazunori ISHIKAWA*, Hisamitsu TAKAHASHI**, Hiroaki KATO***
and Fukio IKEDA****

(Received January 19, 2001/Accepted July 19, 2001)

Summary : Gibberellin (GA) treatment at full bloom of seedless tetraploid grapes cv. 'Fujiminori' and 'Kyoho' induced by streptomycin (SM) was conducted in order to improve the shape of bunch, rachiseo growth, pedicel growth and berries enlargement.

1) GA spraying at full bloom at concentrations of 2.5 to 25 ppm was effective to induce a compact shape of bunch. In the case of non-spraying of GA, shorter pedicels, weak stems and less fruiting were detected. There were no differences in response to GA at full bloom between spraying and dipping treatments, and between clusters of 'Primary' and 'Secondary'.

2) For the stable production of seedless tetraploid grapes, it is necessary to use growth regulators at least three times. The first treatment of 200 ppm SM was conducted at 9 days or more before full bloom in order to induce complete seedless berries. The second treatment of 2.5 to 25 ppm GA was conducted at full bloom in order to promote rachiseo and pedicel growth. The third treatment of 25 ppm GA was conducted at 10 days after full bloom in order to enlarge berries size. Dipping method for the first and second ones could take the place of spraying method by spray machines.

Key Words : tetraploid grapes, seedlessness, streptomycin, gibberellins, application times

* Department of Bioproduction Technology, Junior College of Tokyo University of Agriculture

** Department of International Agricultural Development, Faculty of International Agriculture and Food studies, Tokyo University of Agriculture

*** Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

**** Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture