

キトサンの葉面散布が数種園芸植物の生育に及ぼす影響

長江嗣朗^{1*}, 柳由貴子², 川信修治³

南九州大学 環境園芸学部 ¹観賞園芸学研究室; ²土壌学研究室; ³蔬菜園芸学研究室

2013年10月11日受付; 2014年1月27日受理

Effect of chitosan by foliar application on growth of several horticulture plants

Shiro Nagae^{1*}, Yukiko Yanagi² and Shuji Kawanobu³

^{1,2,3}Faculty of Environmental Horticulture, Minami Kyusyu University, Tatenochi, Miyakonojo city, Miyazaki 885-0035, Japan

Received October 11, 2013; Accepted January 27, 2014

The effects of chitosan by foliar spray application on the growth of *Brassica rapa* var. *peviridis* 'Komatsuna', *Cucumis sativus* 'Fusinarikyuri', *Solanum lycopersicum* 'Fruthica', *Raphanus sativus* 'Yukikomachi', 'Yukibijin', 'Zrata', *Tagetes patula* 'Bonanza Yellow' and *Petunia x hybridus* 'Prism Sunshine' were investigated. Fresh weight of *Raphanus sativus* 'Yukibijin' were increased by foliar application of the chitosan. However, these results indicate that the effect of the chitosan varied according to the species of plants.

Key words: chitosan, poly-(1→4)-β-D-glucosamine, plant growth.

緒言

キトサンは、キチンを濃アルカリ溶液と加熱、またはカリ融解して脱アセチル化した生成物である。キトサンの構造はセルロースと酷似した直鎖型多糖類の一種であるポリ-β 1→4グルコサミンであり、その分子量は数千から数十万に及ぶ高分子化合物である。キチンは、菌類、藻類および動物界に広く分布し、地球上で生合成される量は年間1,000億トンと推定される膨大な未利用資源である(渋谷, 2000)。

近年、キトサンの園芸・農業への活用が行われ、その効果が報告されはじめている。これまで、比較的低分子のキトサンがハツカダイコンの生長を促進することが認められている。たとえば福井ら(1989)によって、ハツカダイコンではキトサン粉末を0.1%混和した土壌での栽培、あるいは100ppmキトサン溶液に浸漬を行った種子を栽培すると葉および根の生長を促進することが認められている。また、Ohta et al. (1999a, 1999b, 2000)は、キトサン粉末の土壌混

和がトルコギキョウの生育を促進することや、キトサン溶液を直接植物体や種子に処理することによって地上部生育への促進効果を認めている。

植物の生育を促進することは、園芸、農業の現場において労力の大幅な軽減をもたらす、植物体自身はもちろん、その果実などの収穫物においても生産コストを著しく低下させることが可能となる。さらには、果実ではその糖度や酸などを増加させ、また花卉では花数を増加させるなどの可能性がある。

しかしながら、これまで植物の成長促進に関するキトサン処理の報告では、0.01%溶液にサツマイモの苗の切り口を浸漬する方法(福井ら, 1989)、分子量約10~15万のキトサン粉末を土壌に混和する方法(千布ら, 1999)、キトサン含有率10%溶液を葉面散布する方法(大西ら, 2008)など植物に安定的な効果をもたらす手法が明確ではない。そこで、本実験では複数の園芸植物を用いて、よりキトサン処理が簡便な葉面散布による植物の生育促進効果の調査およびその安定的な施用方法の可能性を探ることを目的として調査を行った。

*連絡著者: E-mail, nagae@nankyudai.ac.jp

²現所属: 山口大学農学部生物資源環境科学科

Present address: Departments of Biological and Environmental Science, Faculty of Agriculture, Yamaguchi University

材料および方法

共通する材料および方法:

実験は、南九州大学環境園芸学部附属フィールドセンターの温室で行った。

実験には、10%キトサン溶液(三愛キトサン(株)製、分子量30,000程度)を蒸留水で10,000倍、5,000倍、2,500倍に希釈したものを施用した。なお、対照区として、キトサン溶液の代わりに蒸留水を用いた。

実験に用いたすべての種子は、培養土に播種する前にあらかじめシャーレ内で所定の濃度のキトサン溶液あるいは蒸留水に浸漬処理を行った。

本実験では、いずれもタキイのたねまき培土(タキイ種苗(株)製)を培養土として用いた。また、いずれの実験においても施肥は1000倍に希釈したOKF-1を適宜行った。

1. 栽培概要

キュウリ‘節成胡瓜’およびコマツナ‘小松菜’は、2012年6月2日に培養土を充填した1/5000aワグネルポットに前者は3粒ずつ、後者は5粒ずつ播種し、その後生育が揃った時期に1ポット当たり1株となるように間引いた。

トマト‘フルティカ’は3~4枚が展開した挿し木苗を6号ポリポットに2012年6月2日に各区5株ずつ定植した。

ハツカダイコン‘雪小町’および‘雪美人’の種子を1/5000aワグネルポットに、またハツカダイコン‘ズラータ’の種子をプランター(30×13×14cm)に2012年6月8日に各品種ごとに3ポットずつ、1ポットあたり9粒を播種し、最終的に1ポットあたり3個体となるように間引きを行った。

マリーゴールド‘ボナンザイエロー’およびペチュニア‘プリズムサンシャイン’は、2012年6月23日に4号ポットに1ポットあたり3粒ずつ播種し、その後生育が揃った時期に1ポット当たり1株となるように間引いた。

2. キトサンの処理方法

前述の通り、キトサンの施用は1000倍、5000倍、2500倍溶液を葉面散布によって処理を行った。なお、トマトを用いた実験のみ、キトサンの施用は5000倍区とした。いずれの植物にも所定のキトサン溶液あるいは蒸留水を1週間おきに葉の裏表に霧吹きを用いてたっぷりと散布した。

3. 生育および品質調査

コマツナでは、草丈、葉数および収量を各区5株ずつ調査した。ハツカダイコンでは、草丈、地下部の長さおよび地上部と地下部の重さを各区9株ずつ測定した。マリーゴールドとペチュニアでは、地上部の重さおよび枯れた花数、蕾数、開花数を各区10株ずつ調査した。

キュウリとトマトでは、果実の収穫数およびその重さを計測した。それら果実の品質調査として、糖度(Brix)

は手持屈折計(アタゴ, N-20)で、またトマト果実のpHは簡易pHメーター(HORIBA, twin pH B-211)で測定した。

さらに、キュウリ果実の有機酸は果実の2g前後を10mlの蒸留水の中に入れてVORTEX-GENIE2(エムエム機器)でホモジナイズし、その後80℃で30分間湯煎して9cmの濾紙(ADVANTEC, 5A)で濾過した後、デイスポフィルター(ADVANTEC, 0.2 μm)で濾過したサンプルをHPLC(日本分光)により分析した。この測定条件には、カラムShodex RSpak KC-LG(80mmID×50mm)+KC-811(8.0mmID×300nm)×2を用いた。移動相は3mMの過塩素酸とし、反応液は10倍に希釈したST3-Rを用い、カラム温度を40℃、流速を1ml・min⁻¹とした。検出器にはUV検出器(430nm, UV-1570, 日本分光)を、ポンプにはPU-1580(日本分光)をそれぞれ用いた。

結果

生育、果実収量および果実品質に及ぼすキトサンの影響

一般に市販されているキトサン製剤は溶液散布によるものが主流であり、またその処理は粉末製剤に比べ容易である。そこで本実験では、キトサンの葉面散布処理を行い、その効果および発現について調査を行った。

まず、コマツナ‘小松菜’では地上部の草丈、葉数、収量のいずれもキトサンの効果は認められなかった(表1)。

キュウリでは果実収穫数において、キトサン2500倍散布区で最も大きな値となった。また、1株当たりの果実収量においても2500倍区で最大となったことから、キュウリ‘節成胡瓜’においては2500倍のキトサンの葉面散布が果実収量を増加させることが明らかとなった。しかしながら、キュウリの果実品質については、糖度、有機酸のいずれにおいてもばらつきが激しく、キトサンの葉面散布の効果を判断するには至らなかった(表2)。

トマト果実では、キトサンは5000倍区しか設定しなかったが、その収量および品質ともにキトサン処理の効果は認められなかった(表3)。これまでキトサンの土壌混和が、トマト果実において糖およびアスコルビン酸などの品質に影響を及ぼすことが報告されて

表1. コマツナ‘小松菜’の収穫時の生育および収量に及ぼすキトサンの影響

	草丈 (cm)	葉数	収量 (g)
対照区	35.8 ± 2.0	9.6 ± 0.7	71.5 ± 13.7
10000 倍	38.2 ± 2.6	8.9 ± 1.0	63.3 ± 18.1
5000 倍	37.0 ± 2.5	8.7 ± 1.0	71.4 ± 17.6
2500 倍	37.1 ± 1.7	8.4 ± 0.9	71.4 ± 15.5

平均値±標準偏差

いる (Sributta 2008, 2009) が、本実験ではキトサンの処理方法が異なったため実際の植物体への吸収量が少なかった可能性がある。

では、キトサンが地上部および地下部のいずれの生長にも影響を示さない結果となった (表6)。

ハツカダイコンの異なる品種へのキトサンの影響

ハツカダイコン ‘雪小町’ では、地上部の生長にキトサン処理の有無で有意差はなかったものの、5000倍および2500倍のキトサン散布が地下部の生長を抑制する傾向が認められた (表4)。また、ハツカダイコン ‘雪美人’ ではキトサン散布が地下部の生長に影響を及ぼさなかったが、逆に10000倍および5000倍のキトサン散布区で地上部の生長が促進されることが明らかとなった (表5)。一方、ハツカダイコン ‘ズラータ’

花芽分化に及ぼすキトサンの影響

マリーゴールド ‘ボナンザイエロー’ およびペチュニア ‘プリズムサンシャイン’ ではキトサン1000倍区のみ地上部重が減少したものの、それ以外では差がなかった (図1, 図2)。また、キトサン5000倍区でマリーゴールドの花芽分化が促進された (図3)。ペチュニア ‘プリズムサンシャイン’ では、キトサン濃度が高くなるにつれて花芽分化数が促進される傾向となることが認められた (図4)。なお、太田らは (2007)、トルコギキョウにキトサン液剤を処理した結果、開花

表2. キュウリ ‘節成胡瓜’ 果実収量および品質に及ぼすキトサンの影響

	果実数 (本)	果実平均重 (g)	全果実収量 (g)	糖度 (Brix %)	有機酸 ^Z (mg·100g ⁻¹ FW)
対照区	8.3 ± 2.5	96.9 ± 25.7	792 ± 165	3.4 ± 0.7	5.1 ± 2.9
10000 倍	8.5 ± 2.1	112.0 ± 32.2	955 ± 262	3.1 ± 0.4	6.1 ± 2.8
5000 倍	10.0 ± 4.2	102.0 ± 27.8	1023 ± 448	3.0 ± 0.6	3.0 ± 1.4
2500 倍	13.3 ± 3.1	111.3 ± 25.2	1473 ± 276	3.0 ± 0.4	3.3 ± 1.4

平均値±標準偏差, 1株当たりの本数と収量
Z: クエン酸およびリンゴ酸の合計値

表3. トマト ‘フルティカ’ の果実収量および品質に及ぼすキトサンの影響

	果実数 (個)	果実平均重 (g)	全果実収量 (g)	糖度 (Brix %)	pH
対照区	15.0 ± 5.0	29.1 ± 8.6	420 ± 91	5.6 ± 0.7	3.7 ± 0.1
5000 倍	15.7 ± 4.2	23.9 ± 7.2	373 ± 95	5.6 ± 0.9	3.8 ± 0.1

平均値±標準偏差, 1株当たりの個数と収量
収穫は1花房から3花房までとした

表4. ハツカダイコン ‘雪小町’ の生長に及ぼすキトサンの影響

	草丈 (cm)	地下部長 (cm)	地下部径 (cm)	地上部重 (g)	地下部重 (g)
対照区	21.7 ± 1.50	8.5 ± 1.00	1.5 ± 0.16	9.8 ± 1.59	6.7 ± 1.49
10000 倍	23.3 ± 2.59	7.7 ± 0.87	1.4 ± 0.19	9.8 ± 2.87	5.2 ± 1.61
5000 倍	22.9 ± 2.26	7.5 ± 1.10	1.4 ± 0.14	10.7 ± 2.84	5.0 ± 1.34
2500 倍	21.6 ± 2.55	7.7 ± 0.83	1.3 ± 0.20	8.9 ± 1.93	4.4 ± 1.64

平均値±標準偏差

表5. ハツカダイコン ‘雪美人’ の生長に及ぼすキトサンの影響

	草丈 (cm)	地下部長 (cm)	地下部径 (cm)	地上部重 (g)	地下部重 (g)
対照区	38.2 ± 1.79	9.2 ± 0.67	27.0 ± 3.52	64.6 ± 13.77	28.2 ± 9.28
10000 倍	41.7 ± 2.67	8.7 ± 0.50	24.9 ± 5.61	64.0 ± 5.71	20.9 ± 9.23
5000 倍	41.6 ± 2.43	8.6 ± 0.94	26.1 ± 3.35	77.3 ± 13.38	21.5 ± 7.50
2500 倍	38.9 ± 1.52	9.3 ± 0.67	28.7 ± 2.82	67.5 ± 9.91	29.5 ± 7.36

平均値±標準偏差

表6. ハツカダイコン ‘ズラータ’ の生長に及ぼすキトサンの影響

	草丈 (cm)	地下部長 (cm)	地下部径 (cm)	地上部重 (g)	地下部重 (g)
対照区	35.2 ± 2.37	10.8 ± 1.33	50.1 ± 4.74	56.9 ± 14.87	79.9 ± 27.02
10000 倍	35.8 ± 3.90	9.4 ± 0.73	46.3 ± 3.83	51.3 ± 12.43	68.5 ± 9.57
5000 倍	36.3 ± 4.67	9.6 ± 1.17	48.6 ± 5.78	60.0 ± 19.83	79.2 ± 13.21
2500 倍	35.1 ± 3.49	9.6 ± 1.27	50.2 ± 5.88	55.0 ± 13.49	74.6 ± 15.97

平均値±標準偏差

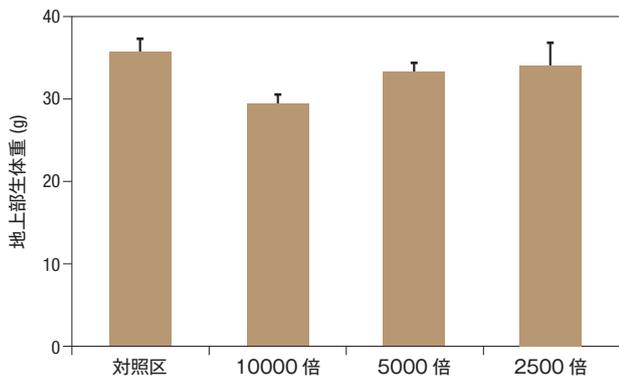


図1. マリーゴールド ‘ボナンザイエロー’ の生長に及ぼすキトサンの影響
棒線は、標準偏差を表す

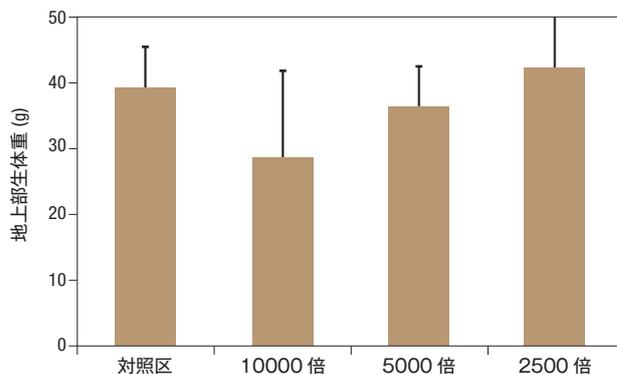


図2. ペチュニア ‘プリズムサンシャイン’ の生長に及ぼすキトサンの影響
棒線は、標準偏差を表す

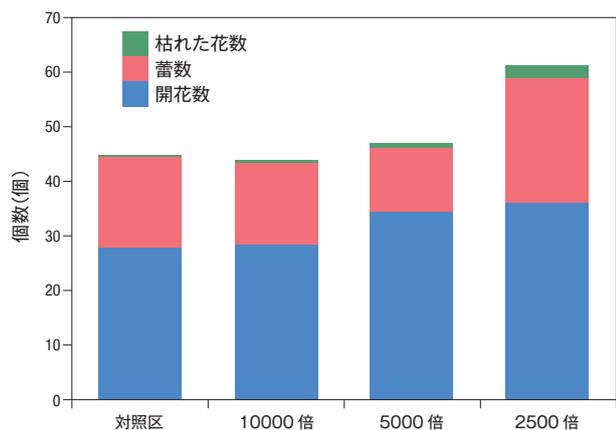


図3. マリーゴールド ‘ボナンザイエロー’ の花芽分化に及ぼすキトサンの影響

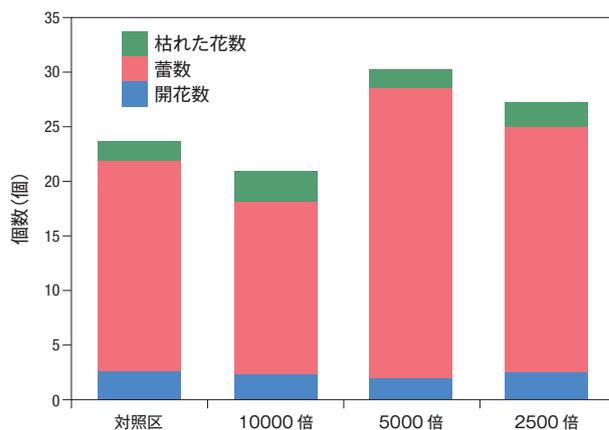


図4. ペチュニア ‘プリズムサンシャイン’ の花芽分化に及ぼすキトサンの影響

日が早まることを報告しているが、本実験ではマリーゴールド、ペチュニアのいずれも開花日に差は認められなかった（データ未掲載）。

考 察

千布ら（1999）は、キトサン粉末の土壌混和処理によってハツカダイコンの出芽後の初期生育が促進されることを報告している。また、次田（1990）はアカマルハツカダイコン種子にキトサンを被覆した結

果、無処理のものに比べ初期生育が優れたことを認めている。本研究ではキトサンが溶液である特長を生かして、種子をあらかじめキトサン溶液に十分に浸漬させた後に播種を行ったものの、いずれの植物においても初期生育に顕著な生長促進は認められなかった。また、葉菜類、果菜類、根菜類、花苗とも、それぞれの栽培終了時において、キトサンの葉面散布はハツカダイコンの一部の品種の成長促進、キュウリ ‘節成胡瓜’ の果実収量増加が認められたものの、今回用いたすべての植物に対して共通の効果を認めるには至らなかった。

これまでキトサンが植物の生長促進効果をもたらした多くの報告では、粉末のキトサンを土壤混和していることから本実験と異なった結果が得られたのかもしれない。しかし、トルコギキョウの育苗時への液体でのキトサン散布は、粉末のキトサンを土壤混和したものと同等の生育が得られたことを Ohta et al. (2004) は認めている。さらに太田ら (2007) は、トルコギキョウの定植後には液体のキトサン散布で生育の促進と切り花の品質を高めることを報告している。これらの実験では、キトサンの濃度および散布回数が本実験と異なったことから、今後はキトサンの散布濃度や量について十分に検討する必要があると考える。

チャでは、キトサン処理効果が明確になる条件が、植物サイズに依存する (大西ら, 2008) ことから、同じ植物を供試した場合でも、その大きさによって結果が異なることが示されている。一方、貯蔵養分が少なく生育速度が遅い、すなわち種子や植物体が小さい作物の方が、大きいものよりキトサン施用の効果が明確になりやすいとする報告もある (大西 2008)。本実験では比較的大きな葉菜類や果菜類の種子と同様に微細種子であるベチュニアでもわずかなキトサンの効果しか認められなかった。本実験では複数の植物種を供試し、いくつかの調査項目においてキトサンが有意に生長を促進することを認めたものの、供試する種子や植物の大きさとキトサンの効果に相関関係は認められなかった。ただし、本実験ではキトサンを葉面散布したことから小さな植物体では表面積が小さかったため、その体内に十分にキトサンが浸透できなかったことも考えられる。

宇都宮ら (1998) は、鉢植えによる根域制限ストレス下の2年生接ぎ木のムラサキダモノトケイソウにおいて、キトサンによる生育促進を報告している。本実験ではすべての植物は鉢を用いて栽培を行ったが、必ずしも宇都宮らと同様の結果は得られなかった。ムラサキダモノトケイソウでは、キトサン施用1年目はほとんど影響を及ぼさず、2~3年連年施用することによって果実生長を促進させた。しかし、本実験で供試したような一年生の作物に比べ、栽培期間の長い多年草あるいは木本系に長期間施用の方がキトサンの効果は顕著に現れる可能性は否定できないと考える。

キトサンの植物の生育促進の要因として、キトサン分子に含まれる窒素成分が土壤中で分解され、若干量放出された可能性が指摘されている (千布ら 1999, Ohta et al. 2000)。我々はいずれの実験でも追肥を適宜行っていたことから、キトサン施用の効果が弱まったことが考えられる。このことは、山本ら (1998) も化学肥料を施用した場合にはキトサンの処理効果が小さいことを見出した結果と一致している。その一方、千布ら (1999) はキトサン施用区の植物は尿素を施したものに比べて極めて健全な葉色を示したことから、単なる窒素放出効果以外のキトサン施用効果があったことを推察している。実際、大西らは (2008) 散布したキトサンの窒素含有量を試算した結果、無視できるほど小さいことを指摘している。なお、宇都宮ら (1998) は、あらかじめキトサンを土壤に混入し

た土壤でも窒素が多く施用された条件下においてムラサキダモノトケイソウの花芽形成、果実生長、果汁生産を促進させ、収量を増加させる効果のあることを明らかにしている。キトサンの植物生長促進については、キトサンが根圏土壤の有害微生物の働きを抑制して植物の根活力を旺盛にし、その結果、根の伸長、根量を増加させ養分吸収を促進させること (渋谷 2000, 北村ら 1989) やプロテアーゼ阻害物質の誘導、細胞壁構成成分の β グルカンの生合成増加、病原菌抵抗性タンパク質の発現など、キトサンによる植物細胞の活性化によるもの (次田 1995) などの推察がなされている。しかしながら、キトサンを葉面散布処理した本実験においても植物に生長促進の効果をもたらすことが一部で認められたことから、キトサンの効果は土壤環境を改善することだけに起因するわけではないことが考えられる。また、異なる品種間でもキトサンの影響は大きく異なることが本実験より明らかになったことから、キトサンを処理する際は品種ごとにその効果の有無を事前に検討しておく必要があると考える。

本実験から、分子量5万のキトサン溶液を葉面散布すると、キトサン溶液が植物の生長を促進する詳細なメカニズムまで明らかにすることはできなかった。今後は溶液である特徴を生かして、キトサンが植物の生長を促進する発現要因をより詳しく調査する予定である。さらに、キトサン製剤はその形状、製法、分子量など様々な特徴を持つことから、今後はその処理方法、濃度、散布量、供試する植物の品種、大きさなど植物の生長促進のための安定的な効果を得られるために今後十分な研究が必要である。

摘 要

種々の濃度のキトサン溶液をコマツナ '小松菜', キュウリ '節成胡瓜', トマト 'フルティカ', ハツカダイコン '雪小町' '雪美人' 'ズラータ', マリーゴールド 'ボナンザイエロー' およびベチュニア 'プリズムサンシャイン' に葉面散布を行った。その結果、いくつかの調査項目でキトサンの散布効果が認められたものの、すべての植物に同様の生長促進を認めるには至らなかった。本研究の結果、キトサンの処理方法や散布濃度、植物種、品種の違いや大きさによって植物体への影響がことなることから、今後キトサンの散布効果を得るためにはより詳細な条件を検討する必要がある。

引用文献

- 1) キチン, キトサン研究会編 (1995) キトサン, キトサンハンドブック 技報堂出版 p442 東京.
- 2) Ohta, K., Taniguchi, A., Konishi, N. and Hosoki, T. (1999a) Chitosan treatment affects plant growth and flower quality in *Eustoma grandiflorum*. *Hort. Science* 34: 233-234.

- 3) Ohta, K., Atarashi, H., Shimatani, Y., Matsumoto, S., Asao, T. and Hosoki, T. (1999b) Effect of chitosan with or without nitrogen treatments on seedling growth in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinn. cv. Kiryou Wakamurasaki. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* **69**: 63-65.
- 4) Ohta, K., Morisita, S., Suda, K., Kobayashi, N. and Hosoki, T. (2004) Effects of chitosan soil mixture treatment in seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. *J. Japan. Soc. Hortic. Sci.* **73**: 66-68.
- 5) 太田勝巳, 野村直司, 中美陽子, 安斎福実, 細木高志 (2007) キトサン液剤によるトルコギキョウの生長促進および切り花品質に及ぼす影響 園学雑 **6** 別 **2**: 617.
- 6) 大西政夫, 門脇正行, 松本慎悟, 山根研一, 土本浩之 (2008) キトサン施用が一番茶収量に及ぼす影響 日作紀 **77**: 418-423.
- 7) 渋谷政夫 (2000) キトサンの農業利用の理論と実際 p2-28 東京.
- 8) Sributta, A., Matsumoto, S. and Ohta, K. (2008) Effect of different chitosan soil mixture dates on growth and fruit quality in tomato. 園学研 **7** 別 **1**: 149.
- 9) Sributta, A., Adachi, H., Matsumoto, S. and Ohta, K. (2009) Effects of chitosan mixtures with and without sterilization of soil and in vitro culture on growth in tomato seedlings. 園学研 **8** 別 **1**: 112.
- 10) 次田隆志 (1990) キチン, キトサンの農業分野への利用 食品工業 **33** (20): 28-43.
- 11) 宇都宮直樹, 木内宏彰, 松井美徳, 竹林晃男 (1998) キトサンオリゴ糖を主成分とする土壌改良剤と窒素施用がムラサキクダモノトケイソウの開花および果実生長に及ぼす影響 園学雑 **67** (4): 567-571.
- 12) 千布寛子, 芝山秀次郎, 有馬進 (1999) キトサン粉末の土壌混和処理がハツカダイコンの成長に及ぼす影響 日作紀 **68** (2): 199-205.
- 13) 北村治滋, 長谷川清善, 森修一 (1989) バラ根頭がんしゅ病に対するキトサン資材の効果 滋賀農試研報 **30**: 101-103.
- 14) 福井春雄, 藤原公, 村岡高志, 次田隆志 (1989) キチン・キトサンによる作物の生長促進効果 第2報 生長促進とその作用性 日作四国紀 **26**: 9-16.