

ISSN 0919-4975

BULLETIN
OF THE
HORTICULTURAL INSTITUTE,
IBARAKI AGRICULTURAL CENTER

NO. 11
March 2003

茨城県農業総合センター 園芸研究所研究報告

第 11 号
平成 15 年 3 月

茨城県農業総合センター
園 芸 研 究 所

茨城県西茨城郡岩間町安居3,165-1
AGO,IWAMA,NISI-IBARAKI,319-0292 JAPAN

茨城県農業総合センター
園芸研究所研究報告 第11号

目 次

ブドウ‘巨峰’の開花直前及び果粒肥大期におけるひょう害の実態と対策並びにその後の生育に及ぼす影響 ……………寺門 巖・佐久間文雄……………	1
メロンの養液土耕栽培における給液量と生育の関係 ……………鈴木雅人・金子賢一……………	9
露地野菜輪作地帯における窒素肥効率を考慮した各種家畜ふん堆肥による化学肥料代替施用技術について ……………石井 貴・田中有子・武井昌秀・小山田勉……………	15
新規導入カンパニュラの実用性 ……………本図竹司・駒形智幸・市村 勉……………	23
カーネーションの切り戻しによる長期栽培に関する研究（第3報） ……………市村 勉・本図竹司・高城誠志……………	32
超微粒子ホルマリンによる昆虫工場の消毒 ……………小林則夫……………	37

ブドウ '巨峰' の開花直前及び果粒肥大期における ひょう害の実態と対策並びにその後の生育に及ぼす影響

寺門 巖・佐久間文雄

キーワード：ブドウ, キョホウ, キシヨウサイガイ, トップウ, コウヒョウ

'Kyoho' Grape, the Actual Conditions and Countermeasures of Hail Damage just before Flowering Stage and in Berry Enlarging Stage, the Effect of Hail on Subsequent Growth.

Iwao Terakado, Fumio Sakuma

Summary

In the grape 'Kyoho', the effect on growth was investigated, after heavy damage where most new branches were broken by gusts and hail.

1. The growth and ripening of the new branch which grew again promoted by cutting the branch in 2 buds, when most new branches were broken by gusts and hail just before the flowering period near the end of May.
2. The growth of the new branches was not good and most did not ripen, when the hail damage occurred at the berry enlarging stage near early July.
3. The quality of fruit was not good for bunches which grew on new branches after the hail damage, and the ripening on the new branch was also bad.
4. The tree vigor in the following year in which there was completely no harvesting was strong, and there was heavy shatter, damage in the flowering period near the end of May.

I. 緒言

降ひょうは、積乱雲から直径5mm以上のボール状あるいは塊状の水粒が降る現象で、春や秋に多く、関東地方では年間を通して5月が最も多い(5)。降ひょうは急激な気象の変異に伴って生じるため、十分な予測が困難であり、降ひょうによる被害の軽減に有効な多目的防災網が、ナシを中心に導入されている(4)が、他の品目では一般的には普及していない。

果樹におけるひょう害は、果実の直接的被害だけでなく、葉や枝の被害、幹の損傷など多岐にわたり(1)、当年の収量の減少のみでなく、数年にわたって影響を及ぼす場合も少なくない(3)。ひょう害の程度は、降

ひょうの激しさのほかに、降ひょう時の風速や降雨程度、農作物の種類や生育時期によって違ってくる(2)。

2000年5月24日正午過ぎの約30分間、最大瞬間風速31m/秒の激しい突風を伴う、直径30mmの降ひょうがあり、県西から県南地域のブドウ産地(岩井市、谷和原村、取手市)に甚大な被害が発生した。

また、2000年7月9日午後7時30分頃の約20分間、最大瞬間風速29m/秒の激しい突風を伴う、直径20mmの降ひょうがあり、県北のブドウ産地(水府村、日立市)に甚大な被害が発生した。

これらの2事例は、開花直前の5月下旬及び果粒肥大期の7月上旬の異なる生育ステージにおける突風を伴った大粒のひょうによる甚大な被害で、本県のブドウ '巨峰' において、かつて事例のないことである。

そこで、ブドウ樹の被害程度とその後の生育にどのような影響を及ぼすか追跡調査を行った。

ブドウ「巨峰」に対する最も被害が多かった園について、取手市の事例については、2000～2001年の2年間、水府村の事例については2000年の1年間、被害樹の追跡調査を実施して、一応の成果が得られたので今後のひょう害の事後対策の参考として報告する。

Ⅱ. 材料および方法

試験1 ひょう害がその後の生育に及ぼす影響

2000年5月24日の降ひょうの被害が最も大きかった取手市のブドウ園について、2000～2001年の2年間、被害の追跡調査を実施した。

また、2000年7月9日の降ひょうの被害が最も大きかった水府村のブドウ園について、被害にあった2000年の1年間、被害の追跡調査を行った。

1. 被害当年における被害の実態及び生育の追跡調査(2000年)

1)2000年5月24日(開花直前)降ひょう

2000年5月24日の降ひょうについては、取手市のブドウ園の「巨峰」27年生1樹を供試し、3.3㎡の枠を2カ所設け、2000年5月26日に新梢の被害程度、2000年6月8日にその後の発芽状況、2000年11月28日に登熟の調査を行った。また、2000年9月17日に再伸長した新梢に着房した5果房を採取し、果実品質及び新梢20本について着房の有無別の登熟を調査した。

2)2000年7月9日(満開後32日:果粒肥大期)降ひょう

2000年7月9日の降ひょうについては、水府村のブドウ園の「巨峰」27年生1樹を供試し、3.3㎡の枠を2カ所設け、2000年7月13日に新梢の被害程度、2000年7月26日にその後の発芽状況、2000年9月

24日に新梢の登熟について調査を行った。

2. 被害翌年における生育および果実品質調査(2001年:取手市)

降ひょうの被害が最も大きかった取手市のブドウ園において、2000年に調査を行った「巨峰」28年生1樹を供試し、3.3㎡の枠を3カ所設け、降ひょう害の翌年への影響を調査した。

2001年4月15日に新梢の発芽状況、2001年5月26日に開花期の新梢長及び花穂着生状況、2001年6月22日に結実状況、2001年8月17日に5果房を採取し、果実品質の調査を行った。

なお、水府村のブドウ園は廃園となったため、翌年の調査を中止した。

試験2 ひょう害後のせん定処理がその後の生育に及ぼす影響

2000年5月24日の降ひょうの被害が最も大きかった取手市のブドウ園において、降ひょうにより折られた新梢の芽数が多い新梢(芽数:5.8)10本と少ない新梢(芽数:2.5)10本及び被害後の2000年5月26日に2.5芽に切り戻した結果母枝20本について、降ひょう後、伸び出した新梢の生育を調査した。また、2000年6月18日に花穂の着生率を、2000年9月17日には収穫期における新梢の登熟率を調査した。

Ⅲ. 結果

試験1 ひょう害がその後の生育に及ぼす影響

1. 被害当年における被害および生育の実態調査結果(2000年)

1)2000年5月24日(開花直前)降ひょう

降ひょう直後の新梢の被害は、全ての新梢が降ひょうによって折られており、全体の91.1%は残った芽数が3芽以下であった(表1)。

表1 降ひょう直後の被害状況(取手:2000年5月26日調査)

	結果母枝数	新梢数	残存芽数別新梢数					総芽数	
			0芽	1芽	2芽	3芽	4芽		5芽
I	12	50	4	14	15	11	5	1	102
II	12	53	12	19	12	7	2	1	77
平均	12	51.5	8.0	16.5	13.5	9.0	3.5	1	89.5
		割合(%)	15.3	31.9	26.3	17.6	6.9	2.0	
㎡当たり	3.6	15.6	2.4	5.0	4.1	2.7	1.1	0.3	27.1

注1):3.3㎡当たり

降ひょう後の3.3㎡当たりの発芽数は、新梢のえき芽が18芽、潜芽由来が6芽で、合計68芽だった(表2)。
芽由来が44芽、春先に発芽しなかった結果母枝由来

表2 降ひょう15日後の発芽状況(取手:2000年6月8日調査)

	潜芽		休眠芽		新梢えき芽		合計
	展葉	催芽	萌芽	展葉	萌芽	展葉	
I	4	1	4	15	9	38	71
II	8	1	1	14	3	38	65
平均	6.0	1.0	2.5	14.5	6.0	38.0	68.0
㎡当たり	1.8	0.3	0.8	4.4	1.8	11.5	20.6

注1): 3.3㎡当たり

3.3㎡当たりの登熟枝の数は34.5本で、その内、翌年の結果母枝として使える10芽以上登熟した枝は11.5本で、全体の1/3だった(表3)。

表3 降ひょうが再伸長した新梢の登熟に及ぼす影響(取手:2000年11月28日調査)

	節数別登熟枝数					合計
	3節以下	4~5節	6~7節	8~9節	10節以上	
I	5	8	4	3	11	31
II	6	8	3	9	12	38
平均	5.5	8.0	3.5	6.0	11.5	34.5
割合(%)	15.9	23.2	10.1	17.4	33.3	
㎡当たり	1.7	2.4	1.1	1.8	3.5	10.5

注1): 3.3㎡当たり

降ひょう後、再伸長した新梢に着房した果実品質は、1粒重が8.8gと小さく、酸度が0.63g/100mlと酸抜けも遅かった(表4)。また、着房の有無による新梢の登熟の差は、着房させない方が、登熟が良かった(表5)。

表4 再伸長した新梢に着房した果実の品質(取手:2000年9月17日調査)

房重(g)	粒数(粒)	1粒重(g)	含核数(粒)	糖度(Brix%)	酸(g/100mL)
299	36	8.8	1.7	17.4	0.63

注1): 調査果房数 5

表5 降ひょう後のせん定処理が新梢の生育及び登熟率に及ぼす影響(取手:2000年9月17日調査)

	芽数	伸長節数	登熟率(%)
新梢:長	5.8	14.3	11.0
新梢:短	2.5	15.0	22.7
結果母枝の切り戻し	2.5	18.6	27.4
着房有り			24.2
着房無し			30.7

注1): 調査新梢数 20

2)2000年7月9日(満開後32日:果粒肥大期)降ひょう

降ひょう直後の新梢の被害は、全ての新梢が降ひょうによって折られており、残った新梢の77.9%が6節以下の状態だった。また、降ひょうにより芽が傷つ

けられているものが多く、残った芽の約4割が削ぎ落とされており、欠損していた(表6)。

表6 降ひょう直後の被害状況（水府：2000年7月13日調査）

	結果母枝数	新梢数	芽数別新梢数				総芽数	残存芽数	欠損芽数
			3芽以下	4～6芽	7～8芽	10芽以上			
I	8	17	6	6	3	2	90	54	36
II	16	40	10	24	3	3	200	123	77
平均	12	28.5	8.0	15.0	3	2.5	145.0	88.5	56.5
		割合 (%)	30.2	47.7	12.6	9.7			
m ² 当たり	3.6	8.6	2.4	4.5	0.9	0.8	43.9	26.8	17.1

注1)：3.3 m²当たり

降ひょう後の3.3 m²当たりの発芽数は80芽で、ほとんどがえき芽からのものだった(表7)。再伸長した

新梢の生育は悪く、9月24日の時点でほとんど登熟していなかった(表8)。

表7 降ひょう17日後の発芽状況（水府：2000年7月26日調査）

	潜芽	休眠	えき芽	総芽数
I	1	3	47	51
II	2	4	103	109
平均	1.5	3.5	75.0	80.0
m ² 当たり	0.5	1.1	22.7	24.2

注1)：3.3 m²当たり

表8 降ひょうが再伸長した新梢の登熟に及ぼす影響（水府：2000年9月24日調査）

		節数別登熟枝数				合計
		0節	1～3節	4～5節	6節以上	
I		38	2	1	0	41
II		63	15	1	1	80
平均		50.5	8.5	1	0.5	60.5
	割合 (%)	78.8	18.8	1.3	1.3	
m ² 当たり		15.3	2.6	0.3	0.2	18.3

注1)：3.3 m²当たり

2. 被害翌年における生育および収量・品質調査(2001年：取手市)

降ひょう害を受けた翌年における3.3 m²当たりの発

芽数は52.8芽で、発芽率は59.7%だった(表9)。また、新梢のほとんどは花穂を持っており、花穂着生率は98.1%だった(表10)。

表9 降ひょうが翌年の発芽に及ぼす影響（取手：2001年4月15日）

	結果母枝数	結果母枝芽数	総芽数	発芽数	発芽率 (%)
I	7	9.4	65.8	37.1	56.4
II	10	8.5	85	51	60.0
III	13	8.6	111.8	70.2	62.8
平均	10.0	8.8	87.5	52.8	59.7

注1)：3.3 m²当たり

表10 降ひょうが翌年の花穂着生に及ぼす影響（取手：2001年5月26日調査）

	新梢数	着房新梢数	着房率 (%)
I	31	30	96.8
II	40	39	97.5
III	44	44	100.0
平均	38.3	37.7	98.1

注1)：3.3 m²当たり

開花期の第2新梢長は69.6 cmで、樹勢は強く(表11)、有核率は38.5%で、花振るいが多く発生した(表12)。無核果が多く発生した房に対しては、有核果の

摘粒後、2001年6月22日(満開後27日)にジベレリン25ppmを果房浸漬した。

表11 降ひょうが翌年の開花期新梢長に及ぼす影響(取手:2001年5月26日調査)

	I	II	III	平均
第2新梢長(cm) ¹⁾	68.8	71.7	68.3	69.6

注1): 結果母枝の先端から2番目の新梢

表12 降ひょうが翌年の結実に及ぼす影響(取手:2001年6月22日調査)

	段数	軸長(cm)	着粒数(粒)	有核(粒)	無核(粒)	有核率(%)
I	17.2	14.6	35.0	20.0	15.0	57.1
II	20.8	15.9	64.4	15.0	49.4	23.3
III	19.0	15.3	49.7	17.5	32.2	35.2
平均	19.0	15.3	49.7	17.5	32.2	38.5

果実品質は、有核果で房作りを行ったものは、1粒重は平年並みで、糖度は高かった。また、ジベレリンを処理したのものについては、処理時期が遅かったこ

ともあり、1粒重が小さく、糖度も低かった(表13)。収量は平年の約7割だった(園主推定による)。

表13 降ひょうが翌年の果実品質に及ぼす影響(取手:2001年8月17日調査)

	房重(g)	粒数(粒)	1粒重(g)	含核数(粒)	糖度(Brix%)	酸(g/100ml)
有核	345	28.3	11.8	1.3	19.3	0.53
無核(GA処理)	343	40.0	8.9	0.1	17.7	0.55

注1): 調査果房数 5果房

試験2 ひょう害後のせん定処理がその後の生育に及ぼす影響

降ひょう後の発芽率は、残った芽数が2.5芽と少なかった新梢が71.6%で最も良く、続いて、結果母枝を2.5芽に切り戻したもの、残った芽数が5.8芽

と多かった新梢の順であった(表14)。また、再伸長した新梢の花穂着生率は、結果母枝を2.5芽に切り戻したものが33.6%と最も高く、残った芽数が2.5芽と少なかった新梢が22.3%で、残った芽数が5.8芽と多かった新梢が9.0%と最も低かった。

表14 降ひょう後のせん定処理がその後の新梢の生育に及ぼす影響(取手:2000年6月18日調査)

	芽数	新梢数	発芽率(%)	花穂数	花穂着生率(%)
新梢:長	5.8	2.2	38.3	0.2	9.0
新梢:短	2.5	1.8	71.6	0.4	22.3
結果母枝の切り戻し	2.5	1.5	59.6	0.5	33.6

注1): 調査新梢数 10

注2): 調査結果母枝数 20

再伸長した新梢の生育は、結果母枝を2.5芽に切り戻した場合が最も良く、折られた新梢のえき芽から伸び出した新梢は、残った芽数による差はあまりなかった(図1,2)。

新梢の登熟率は、結果母枝を切り戻した場合が最も高く、折られた新梢の芽数が多い場合で低かった(表5)。

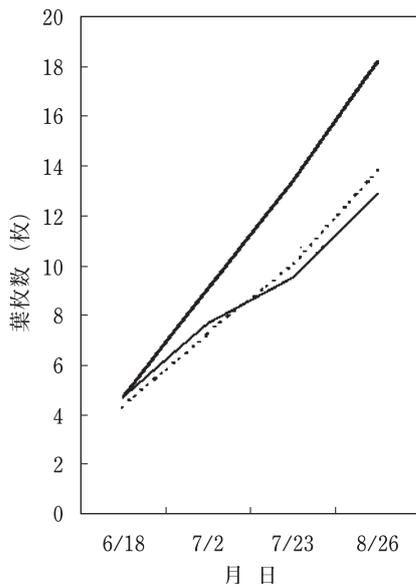


図1 再伸長した新梢の葉枚数の推移
(取手：2000年)

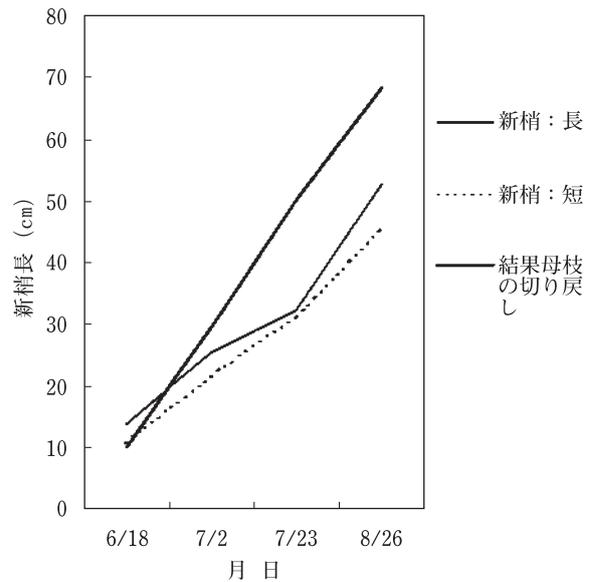


図2 再伸長した新梢長の推移
(取手：2000年)

IV. 考 察

2000年5月下旬及び2000年7月上旬のひょう害について、被害程度と樹体への影響を調査した。

取手市の園では、2000年5月24日の降ひょう後、新梢のえき芽の他、春先に発芽しなかった結果母枝の芽や潜芽が動きだし、発芽が数多くみられた。その後の生育も順調に進み、秋には10節以上登熟した枝を、3.3㎡当たり10本確保することができた。

それに対し、水府村の園では、2000年7月9日の降ひょう後、再伸長した新梢の生育が悪く、9月下旬の時点でほとんど登熟していなかった。降ひょうの打撃による幹・主枝の傷も数多くみられ、園主はこの樹での栽培をあきらめた。

また、2000年5月24日の降ひょう害を受けた取手市の園について、ひょう害後、結果母枝のせん定処理を行ったが、生育は結果母枝を切り戻したものが最も良く、新梢の登熟率についても、結果母枝を切り戻したものが最も良かった。しかし、折られた新梢の芽数が多い場合で登熟率は低かった。これに対して、村岡ら(6)は、同じ「巨峰」において、6月上旬(開花直後)の降ひょうで、ほとんど落葉し、新梢の表皮に多数の裂開を生じるような被害を受けた場合、被害直後に新梢を強切除(基芽の2芽を残して切り返す)することにより、無切除や弱切除(新梢の8芽を残す)に比べて、新梢の発芽率が高く、枝の充実も良くなることを

報告している。

以上のことから、ひょう害後の生育は、ひょう害を受けた生育ステージによって大きく異なり、対処法も異なってくると考えられる。取手市の事例(開花直前)のような比較的早い段階で、降ひょうによる被害を受けた場合の新梢管理であるが、その年の収穫がほとんど見込めない場合は、新梢を2芽程度に切り戻しを行った方が、その後の生育が良く、登熟も良いと考えられる。今回は、結果母枝を2.5芽に切り戻し、春に発芽しなかった結果母枝基部の芽を利用する試みを行ったが、生育・登熟ともに良好だった。新梢の損傷がひどく、翌年の結果母枝の確保が難しい場合には、利用可能と思われ、樹全体でどの程度配置することができるか今後検討する必要がある。

水府村での事例(満開後32日)のように、ひょう害を受けた時期が遅い場合、ひょう害後に新梢のえき芽等から再伸長した新梢が十分に生育せず、十分な登熟も期待できない。従って、新梢がある程度残っている場合、新梢を短く切り戻しをせず、被害を受けるまでに生育した比較的被害の少ない新梢を翌年の結果母枝として利用した方がよいと考えられた。

ひょう害後に新梢のえき芽等から再伸長した新梢に花穂が着生していた場合の対処法であるが、その後の果実品質も悪く、新梢の登熟も悪かったので、摘穂を行い、来年の結果母枝となる新梢の充実に努めた方がよいと考えられた。

ひょう害を受けた翌年の生育であるが、ひょう害のダメージにより、樹勢が低下することが予想されたが、取手市における調査では、樹勢がむしろ強く、花振るいが多く発生した。これは、ひょう害後、再伸長した新梢に対して枝の充実を図るため摘房を実施したところ、その後、新梢は順調に生育した。その結果、その後の生育期間中、翌年に必要な貯蔵養分が十分に蓄えられたためと考えられる。これらのことから、ひょう害を受けた翌年の施肥は、発芽後の生育を十分に見極めた上で、実止まり後に実施するのが望ましいと考えられた。また、観察の結果、開花期の樹勢が強く、花振るいが予想される場合には、満開10日後にジベレリン25ppmにフルメット5ppmを加用して果房浸漬処理するなどして結実を促し、収量の確保を図る必要があると考えられた。

今回、調査は行わなかったが、2000年7月9日に降ひょうにみまわれた、トンネル被覆による雨よけ栽培が行われている日立市のブドウ園では、被覆資材に被害が出たものの、ブドウ樹は、ほとんど無傷だった。このことから、ブドウの施設化は、結実安定や農薬散布回数の削減はもちろんのこと、今回のような気象災害についても有効と思われ、積極的な導入が望まれる。

V. 摘 要

ブドウ‘巨峰’において、突風・降ひょうによりほとんどの新梢が折られるような甚大な被害を受けた場合、その後の生育に及ぼす影響について調査を行った。

1. 開花直前の5月下旬に、突風・降ひょうによりほとんどの新梢が折られるような甚大な被害を受けた場合、2.5芽に切り戻した結果母枝から再伸長した新梢の生育が良く、登熟も促された。
2. 果粒肥大期の7月上旬に、突風・降ひょうによりほとんどの新梢が折られるような甚大な被害を受けた場合、再伸長した新梢の生育は悪く、ほとんど登熟しなかった。
3. ひょう害後、再伸長した新梢に結実した果実は、品質が良くなく、着房した新梢の登熟も悪かった。
4. 開花直前の5月下旬にひょう害を受け、収穫皆無だった樹の翌年の樹勢は強く、花振るいが多かった。

VI. 引用文献

1. 小元敬男(1984) ひょう害 農業気象

40(2):163-172

2. 小元敬男・清野豁(1978) 降ひょう特性と農作物の被害率の関係 農業気象 34(2):65-76
3. 関本美知・長門嘉男・一畝田済・加藤修(1998) ひょう害ニホンナシ園における樹勢回復の追跡調査 千葉農試研報 39:27-38
4. 松浦永一郎・坂本秀之(1978) ニホンナシ園における防ひょうに関する研究 栃木農試研報 24:33-41
5. 水戸地方気象台(1996) 茨城の気象百年 pp.69-71
6. 村岡邦三・三好恒和・星川三郎・松波達也・佐藤三郎(1986) 果樹のひょう害と事後対策 群馬農業 研究 D園 第2号 :6-22



写真1 ひょう害直後の状況 その1 (2000年5月26日:取手市)



写真2 ひょう害直後の状況 その2 (2000年5月26日:取手市)



写真3 ひょう害直後の状況 その3 (2000年7月13日:水府村)

メロンの養液土耕栽培における給液量と生育の関係

鈴木 雅人・金子 賢一

キーワード：メロン, ヨウエキドコウ, キュウエキリョウ, キュウスイリョウ, セイクステージ

Relationship between Amount of Irrigation and Growth of Netted Melon (*C.melo* *L. var reticulatus*) in a Drip-irrigation System.

Masahito SUZUKI and Kenichi KANEKO

Summary

Water absorption of melon, amount of irrigation and effect of groundwater were examined in order to establish the irrigation method in a drip-irrigation system of melon.

- 1) As an example, water absorption of melon was estimated at 97 L/plant based on the amount of irrigation in little-substrate-cultivation. Automatic irrigation seemed to be practical by setting a standard amount of irrigation every 10 days.
- 2) In a drip-irrigation system, fluctuation of soil moisture is small, even in a small pipe frame greenhouse. As a result, ground water is difficult to influence with soil moisture because of the narrow irrigation area.
- 3) Enlargement and net formation of fruit were controllable by irrigating with 20% increase of the standard amount of irrigation in proportion to the growth of plant.
- 4) Setting the dilution degree based on the common amount of irrigation, setting the standard amount of irrigation every 10 days, and irrigating 20% more than the standard amount of irrigation in some period seemed to be practical in drip the irrigation system for melon.

I. 緒言

近年、トマト、キュウリ、イチゴ等の果菜類を中心に「養液土耕栽培」が急速に普及してきている。養液土耕栽培には隔離床栽培も含まれるが、畑土をそのまま培地として利用する地床栽培が一般的である。ドリップチューブを用いて薄い濃度の液肥を点滴灌水することから、正式には「灌水同時施肥法」と呼ばれる。

メロンは他の果菜類と比べて生育ステージの進展が早く、各生育ステージ毎にこまめな灌水管理を必要とすることもあって、養液土耕に関する研究例が少なく、導入も進んでいないのが現状である。しかし、一度に

多量の灌水をする地床のメロン栽培では、養液土耕の最大の特長である少量多灌水の効果で、慣行の施肥・灌水より土壌水分の制御及び施肥管理を合理的に行える可能性が大きい。本県のメロンの生産はアンデスタイプのネット型メロンを用いた半促成栽培と、アールス系品種を用いた抑制栽培が中心になっている。前者は低温期の地這い栽培であり、一方後者は高温期の立体栽培であることなど栽培方法が大きく異なるが、いずれも間口が4.5～5.4m程度の単棟のパイプハウスを利用しているため、降雨の影響を受けやすいことが灌水管理の上で障害となっている。しかし、専作的農家ではハウスの数が多いため、その灌水・施肥管理に

多大な労力を要しているため、養液土耕の導入による省力的メリットはかなり大きいと推察される。また、灌水・施肥管理がより適切に行われることで、品質・収量が改善される可能性もある。

そこで、筆者らはメロン類の養液土耕栽培技術、とくにその給液管理の確立を目標に一連の研究を行っているところであるが、給液量と生育との関係について慣行栽培との比較、地下水の影響及び生育ステージ毎の多給液の影響等について検討し、若干の知見を得たので報告する。

Ⅱ. 材料及び方法

2000年から2002年までの半促成栽培及び抑制栽培において、養液土耕の給液量について検討した。養液土耕は慣行のハウス栽培に準じる地床栽培と、ハウスの土を発泡スチロールまたはポリプロピレン製の容器に1株当たり17.5ℓ詰めた「少量培地耕」とし、土壌pF値及びメロンの生育・収量・品質等を調査した。

栽培施設は間口が3.6m及び5.4m、奥行き14～22mの単棟パイプハウスを利用した。養液土耕装置は「省助300多機能灌水システム(千葉緑精)」を、また肥料は養液土耕1号(大塚化学)を用い、2,000～3,000倍の液肥・1日2回を基本に給液管理を行った。施肥及び灌水以外の栽培管理は慣行法に準じて行った。

‘アールスナイト夏系2号’(サカタのタネ)、『ベネチア夏Ⅱ’(八江農芸)、『アールスモネ盛夏系’(協和

種苗)等のアールス系の品種を供試し、半促成栽培では3月下旬播種、4月下旬定植、7月下旬収穫、抑制栽培では7月中旬播種、8月上旬定植、10月中旬収穫とした。3号ポットで本葉3枚程度まで育苗し、地床及び「少量培地耕」のベッドに1条に株間36cmで植え付け、直立1本仕立て、1株1個どりとした。交配後58日を目安に、熟度をみて収穫した。

調査は土壌水分の状態をテンシオメーターで、また茎葉の大きさ・果重・果実品質等を随時測定した。給液量に関する処理は1ベッド単位で行い、その内の5～10株について生育調査を行った。

Ⅲ. 結果

1. 少量培地耕における給液量の多少と土壌水分の変動及びメロンの生育

メロンの生育に伴う水分吸収量の変化を明らかにし、養液土耕における給液管理の指標にする目的で、半促成栽培における少量培地耕の給液量を調査した。毎朝、土壌水分が飽和状態になるように灌水した時の灌水量を図1に示した。とくに前日の天候によって日々の給液量に変動が生じたが、定植後10日目頃から急激に灌水量が増え、果実肥大盛期に当たる40日目頃をピークに、その後は徐々に減少する傾向が認められた。各ステージ毎の給液量は定植直後が200ml/株・日、交配期が1,000ml/株・日、果実肥大盛期が2,000ml/株・日、収穫期となった90日目頃が1,500ml/株・日であった。

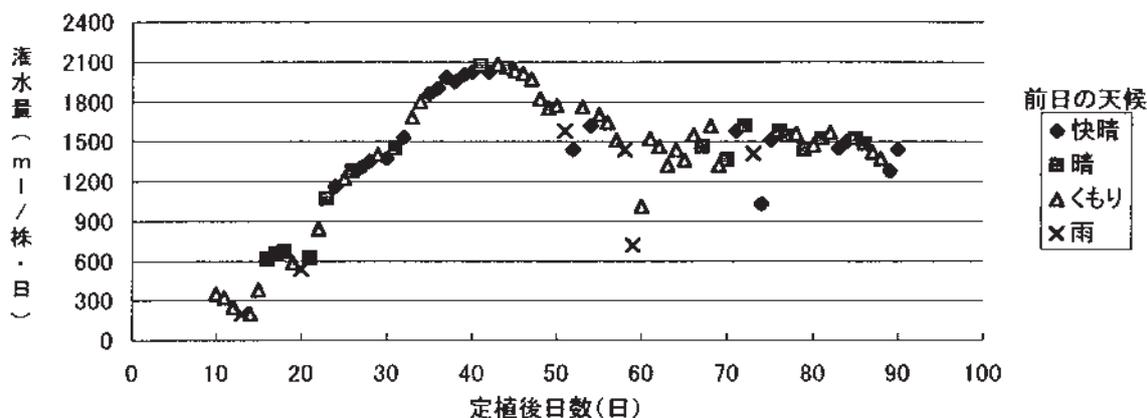


図1 少量培地耕の土壌水分飽和となる灌水量

この土壌水分を飽和状態に保つ給液管理を「多給液」として、15%ずつ給液量を少なくした「中給液」及び「少給液」の合計3区を設け、土壌水分の状態及びメロンの生育について調査した結果を表1に示した。pF値

は給液量に応じて推移したが、給液量が少ない区ほど変動が大きくなった。生育は中給液区が最も優れ、受粉開始期の茎葉の大きさ及び葉色等が適当であり、その後の果実肥大も優れた。

表1 少量培地耕の給液量と土壌水分及び初期生育及び果重¹⁾

給液量	土壌 pF 値	草丈 (cm)	葉数 (枚)	葉長 (cm)	葉色 ²⁾	10 節開花日 (月/日)	収穫果の果重 (g)
多	1.65 ~ 1.70	127	23.9	16.0	44.3	8/22	1720
中	1.75 ~ 1.85	126	24.7	17.2	45.9	8/23	1786
小	1.85 ~ 2.05	108	21.6	14.3	40.4	8/27	1622

注1)：7/13 播種，7/31 定植，8/23 ~ 受粉，10/22 収穫

‘ベネチア夏II’，立体栽培，220 株/a

2)：グリーンメーター SPAD502(ミノルタ)計測値

2. 地床栽培における養液土耕の給液量の多少と土壌水分の変動

慣行の半促成栽培における総灌水量を約 50^{リットル}/株、これと同量を養液土耕の標準給液量、20% 増を多給液管理として灌水・給液管理を行ったところ、土壌水分は図2に示すように変動した。慣行栽培では降水量 10mm に相当する灌水によって pF 値は 2.1 ~ 2.2

に、また養液土耕の 20% 増の給液によって pF 値は 2.0 ~ 2.1 へとそれぞれ低下した。しかし、養液土耕の標準給液では pF 値は 2.0 ~ 2.1 で安定していた。また、降水の影響は比較的小さく、6月13日から3日連続で合計 85.8mm の降雨があった直後でも、pF 値はわずかに小さくなった程度であった。

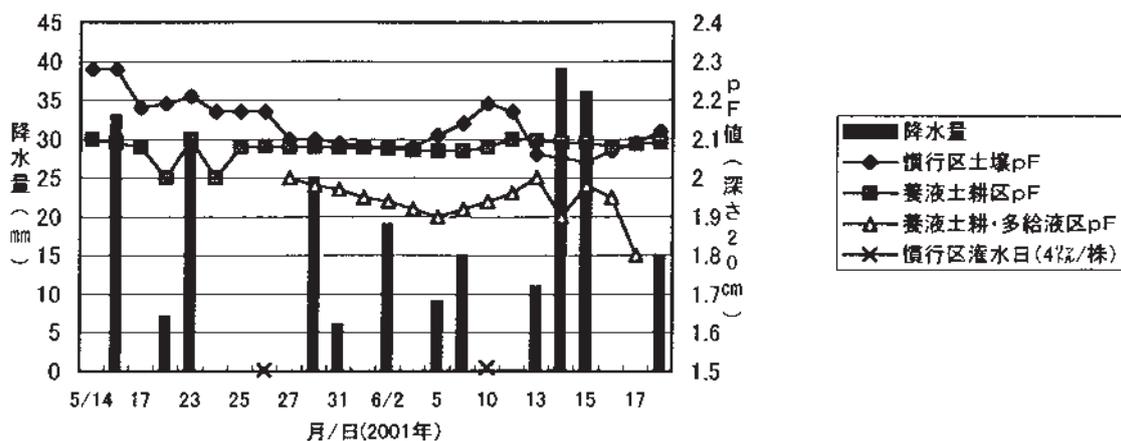


図2 灌水方法及び降水量と土壌水分の変動

図3に示すように、養液土耕の給液の範囲は慣行栽培に比べて著しく狭く、慣行栽培では畝全体が湿って

いるのに対して、マルチ下の畝面の半分程度が常時湿っている程度であった。



養液土耕標準給液区



慣行栽培灌水区

図3 半促成メロン収穫期の土壌表面の水分状態

3. 生育ステージ毎の給液量の多少と生育

養液土耕における給液量の多少が果実の肥大や品質に及ぼす影響を明らかにするため、生育期間を3つに区切って標準より20%増の多給液管理を行った結果を表2, 3に示した。半促成栽培及び抑制栽培のい

れにおいても、生育初期の多給液によって茎葉が大きくなり開花期が早まり、また中期の多灌水によって果重が大きくなるなどほぼ同様の傾向が認められた。一方、後期の多灌水による糖度への影響は認められなかった。

表2 半促成栽培¹⁾における生育ステージ別の多給液と土壌水分及び果重・品質

多給液の期間 ²⁾	土壌 pF 値			果重 (g)*	± sd**	果形比 (縦/横)	ネット 評価 ³⁾	糖度 (Brix%)
	5/4	6/3	7/10					
生育初期多	1.93			1694a	± 122	1.04	4.3a	15.3
生育中期多		1.98		1798b	± 154	1.03	4.4a	15.3
生育後期多			1.87	1784b	± 109	1.04	4.5a	15.2
全期基準量	2.17	2.12	2.20	1706a	± 113	1.04	4.0b	15.5

注1)3/30 播種, 4/22 定植, 5/20 ~受粉, 7/20 収穫

'アールスナイト夏系2号', 立体栽培, 220株/a

2) 設定基準量の20%増

生育初期: 5/1 ~ 5/18, 中期: 5/26 ~ 6/15, 後期: 6/16 ~ 7/5

3) 達観総合評価 劣1 ⇔ 5優

*L.S.D. 検定, P > 0.05 同列のアルファベット異文字間に有意差あり

**standard deviation

表3 抑制栽培¹⁾における生育ステージ別の多給液と土壌水分及び果重・品質

多給液の期間 ²⁾	土壌 pF 値			果重 (g)*	± sd**	果形比 (縦/横)	ネット 評価 ³⁾	糖度 (Brix%)
	8/15	9/1	9/20					
生育初期多	1.86			1570a	± 98	1.01	4.2a	16.0a
生育中期多		1.97		1626b	± 157	1.02	4.3a	16.9b
生育後期多			1.93	1598a	± 128	1.00	4.5a	16.6b
全期基準量	2.06	2.14	2.12	1488c	± 85	1.02	4.0b	16.4b

注1)7/15 播種, 8/3 定植, 8/20 ~受粉, 10/20 収穫

'アールスモネ盛夏系', 立体栽培, 220株/a

2) 設定基準量の20%増

生育初期: 8/12 ~ 8/21, 中期: 8/28 ~ 9/7, 後期: 9/14 ~ 9/23

3) 達観総合評価 劣1 ⇔ 5優

*L.S.D. 検定, P > 0.05 同列のアルファベット異文字間に有意差あり

**standard deviation

以上のように、慣行栽培の灌水量を基準に、一部給液量を多くする給液管理を行うことによって高品質メロンの生産が可能であり、パイプハウスにおけるメロン栽培での養液土耕が実用的であることが明らかになった。

Ⅳ. 考 察

メロンの地床栽培では定植前、交配後及びネット形成期を中心に、数回灌水が行われるが、一般に灌水の時期、回数、量等は天候や土壤条件及びメロンの生育状況を考慮して、その都度判断されている。また、施肥は前作の残存量を差し引いて、必要量を元肥で全量施用される。このようなメロンの地床栽培に養液土耕を適用する場合、同様に地下水の影響を受けるので、養液土耕の「少量多灌水」という特長を活かし、給液をいかに自動化するかが課題になっている。

養液土耕における1作の総給液量は慣行栽培における総灌水量を参考に設定することが出来るが、単純に日割り計算で1日1日の給液量を求めることはできない。メロンは生育日数が比較的少なく、しかも交配期、果実肥大期、ネット発生期・形成期、果実成熟期等の生育ステージが明確に区分され、灌水の駆け引きが極めて重要な管理になっているためである。そこで、生育に応じた給液量を設定する必要があるが、その際同時に施肥量を考慮しなければならない。

メロンの施肥量は吸収量からN成分で10a当たり8～10kgが適量とされている。福元ら(6)も養液土耕における養液濃度と灌水量に関する研究において、1株当たりの施肥量が2～4gであることを明らかにしている。養液土耕ではこれを生育期間を通じて液肥として供給するので、灌水量と施肥量の関係が極めて密接であり、地下水からの供給が多くなって灌水量が少なくなると施肥量も減少する。施肥量を多くするには希釈倍率を小さくして高濃度の液肥を供給すればよいが、栽培期間中に希釈倍率の調整を行うことは大変厄介である。そこで、作付け前に1作の総灌水量・施肥量、肥料の希釈倍率及び生育ステージ毎の給液量を設定する必要があると考えられた。

1. メロンの吸水量の試算

メロンの吸水量を知ることが給液量を設定する上で不可欠であるため、本研究ではプランターを利用した隔離床栽培によってメロンの吸水量を把握しようとした。その結果、土壤水分を飽和の状態とする10日毎の

給液量の平均値の積算から、1作の吸水量は97ℓ/株と試算した。これは川嶋ら(3)が隔離床栽培で灌水法について検討した中で、総灌水量が101ℓ/株であったとする報告とほぼ一致した。地床栽培とはやや条件は異なるものの、また吸水量は作型や収量等によっても異なるが、1株当たり100リットルが一つの目安になると考えられた。大石(2)はトマトの根域制限栽培で簡易蒸発計と不織布電極センサを組み合わせ、高糖度トマト生産のための給液制御方法を確立した。養液土耕栽培においても、給液の自動化が課題の一つになっている。本研究で明らかになったメロンの吸水量を直接養液土耕の自動給液制御に利用することはできないが、プランターを利用した少量培地耕はメロンの吸水量を知る上で、有効な手法になるものと考えられる。

2. 地下水からの供給量

今回試験栽培に用いた小型の単棟パイプハウスでは、地下水からの水の供給は吸水量の約50%と見積もり、またそれを実証した。本県のメロン産地の土壤条件もほぼ同様であり、慣行の灌水量が分かれば、それを基に養液土耕の給液量を設定することが容易であることが明らかになった。

さらに、降雨によって地下水の供給が大きく変動すると懸念され、実際に慣行栽培では灌水直後に降雨があると土壤水分過多の状態が長く続く傾向が認められた。しかし、養液土耕では比較的土壤水分の変動が少なく、また降雨時の給液を停止することで、土壤水分を安定的に保つことが容易であることが明らかになった。これはキュウリの養液土耕栽培の土壤水分変動はpF1.7～1.9で、慣行栽培のpF1.6～2.3と比べて著しく小さいことを明らかにした六本木(9)の報告に通じるものである。

3. 生育ステージと給液量

メロンの栽培においては、灌水の駆け引きが最も重要な管理の一つになっている。大泉(8)はアールスメロンでのポイントとして、3～4日の活着促進水と1～2日の結果枝伸長促進水、交配期水及び玉伸ばし水がとくに影響が大きいことを挙げている。本研究では生育期間を前期・中期・後期の3つに区切って20%増の多給液管理を行い、養液土耕の給液管理でもこのような灌水の駆け引きが可能であることを明らかにした。さらに、慣行栽培と比べて養液土耕では降雨に伴う土壤水分の変動の影響を受けにくく、安定した水分状態を

保てることが明らかになった。青木ら(1)は生育ステージ毎にpF値を設定して給液し、若干加減することで適切な土壌水分管理が可能であることを示している。

4. 肥料の希釈倍率

本研究では給液量をメロンの吸水量の50%と設定し、希釈倍率を2,000～3,000倍とすることで必要な水と肥料を施用することが出来た。この希釈倍率及び給液量がメロンの安定生産を可能にしたが、地下水が高く給液量を少なくせざるを得ない場合は、肥料の希釈倍率を小さくしなければならない。この点、細井ら(7)が開発した「窒素(肥料)分施肥」は朝1回目の給液で1日の必要な肥料成分を施用し、2回目以降の給液は灌水のみにする方法で、極めて合理的であり、実用性も優れると考えられる。

養液土耕栽培専用の液肥が開発されたことが、養液土耕の実用性を高めた。さらに、筆者ら(4)は有機質肥料で施肥量の50%を元肥として施用する方法の実用性を明らかにし、また中野ら(5)は有機性液肥の有効性を明らかにしているように、より安定的な施肥管理についても研究が行われているところである。

以上のように、養液土耕における給液量が、地下水からの供給を含めると過剰気味になると想定して多給液の影響を中心に検討した。しかし、養液土耕では給液範囲が狭いため、降雨による地下水の変動の影響は少なく、給液管理は比較的容易であると考えられた。メロンの生育に応じたきめ細かな給液管理及び有機物等を利用した土壌管理の方法を確立することが、今後の課題である。

V. 摘要

メロンの養液土耕栽培における給液管理方法を明らかにするため、メロンの吸水量、給液量及び地下水の影響等について検討した。

1. 少量培地耕における給液量から、メロン1作の吸水量の1例として97 $\frac{1}{2}$ g/株と試算した。また、基準とする給液量を10日程度毎に設定し、給液を自動化する方法が実用的と認められた。
2. 小型のパイプハウスでの栽培においても、養液土耕では給液範囲が狭いため、比較的地下水の影響を受けにくく、土壌水分の変動が小さかった。
3. 生育に応じて設定給液量の20%増の給液を行うことで、果実肥大及びネット形成等のコントロールが可

能であった。

4. メロンの養液土耕栽培では、慣行栽培における灌水量を基に肥料の希釈倍率を決め、生育に応じて10日間毎に給液量を設定し、さらに必要に応じて一時的に20%程度の多給液管理を行う方法が実用的と考えられた。

謝 辞

本研究は(社)日本施設園芸協会が行った「食品産業等先端技術開発事業(平成11～13)」の一環として実施し、同委員会の指導により推進することが出来たことに感謝し、ここに謝意を表する次第である。

引用文献

1. 青木宏史・梅津憲治・小野信一〔編〕(2001) 養液土耕栽培の理論と実際 pp.98-101. 誠文堂新光社 東京
2. 大石直記(1999) 作物吸水量に応じた給液制御が出来る簡易蒸発計と不織布電極センサ 施設園芸(温室研究社) 41-2:8-13.
3. 川嶋和子・後藤ひさめ・榊原正典・菅原真治(2001) 温室メロン養液土耕栽培における高品質生産のためのかん水法の検討 園学雑 70 別 1:266.
4. 鈴木雅人・飯島誉夫(2002) イチゴ、メロン栽培における点滴灌水システムの実用化試験 新資材利用園芸栽培実用化技術の開発成果集 pp.65-91. (社)日本施設園芸協会
5. 中野明正・上原洋一・山内章(2000) 有機性液肥(コーンテーパーリカー)の施用がトマトの初期生育および根域環境に与える影響 生物環境調節 38:211-219.
6. 福元康文・西村安代・島崎一彦(2001) メロンの点滴灌水施肥栽培における養液濃度と灌水量に関する研究 園学雑 70 別 1:116.
7. 細井徳夫(2001) 養液土耕による施設栽培長段トマト個体群の収量に好適な葉面積指数に関する研究 農林水産省野菜・茶業試験場研究報告 16
8. 松田照男・鈴木雅人・杉山慶太〔編〕(2002) メロンスイカ最新の栽培技術と経営 pp.42-46. (社)全国農業改良普及協会 東京.
9. 六本木和夫(1995) 養液土耕による施設栽培キュウリの養水分管理 農及園 70:909-912.

露地野菜輪作地帯における窒素肥効率を考慮した 各種家畜ふん堆肥による化学肥料代替施用技術について

石井 貴, 田中有子*, 武井昌秀**, 小山田勉***

キーワード：ロジャサイ, カチクフンタイヒ, チッソヒコウリツ, カガクヒリョウ, チカシントウスイ,
ドジョウヨウエキ, ショウサンセイチツ

Chemical Fertilizer Substitution Technology using Cattle Dung Compost considering the Nitrogen Fertilizer Effect Rate in the Outdoor Garden Vegetable Crop Rotation Zone.

Takashi ISHII, Yuko TANAKA, Masahide TAKEI, and Tsutomu OYAMADA

Summary

In identical fields in the crop rotation zone for growing vegetables outdoors, by substituting 60% (or 30%) of the basal fertilization nitrogen to cattle dung compost from chemical fertilizer, burdock, welsh onion, Chinese yam, welsh onion in planting in order, and yield point were investigated. Nitrate nitrogen concentration of the underground percolated water (2 m depth) and soil solution (1 m depth) were also investigated. The input nitrogen and the output nitrogen was also investigated. At the same time as the cattle dung compost, we considered the nitrogen fertilizer effect rate using chaff chicken dropping compost, fermented pig feces compost, tree chip cattle dung compost with 70% and 70% and 30% of each chemical fertilizer. The input of cattle dung compost revised the nitric effect, and become the chemical fertilizer level.

1. Though in burdock and Chinese yam, the yield point greater than par with chemical fertilizer at 100% cultivation was obtained, when 60% of the basal fertilization nitrogen was substituted with cattle dung compost from chemical fertilizer, in the welsh onion, it was a little inferior. A yield point over par was obtained, when welsh onion was cultivated by substituting 30% of the basal fertilization nitrogen to the cattle dung compost from chemical fertilizer.
2. The nitrate nitrogen concentration in seepage water 2 m underground with the cattle dung compost substitution after 2 years in the first half of the test were a little higher than the 100% chemical fertilizer ward. The second half of the 2 year test was almost equivalent. The nitrate nitrogen concentration in the soil solution at 1 m underground changed during the test period to par or a little lower concentration.
3. Since there was not a large difference in comparison with the 100% chemical fertilizer ward and the cattle dung compost substitution ward in the nitrogen movement quantity (crop usage), and since the cattle dung compost substitution ward was considered the nitrogen fertilizer effect rate lower than chemical fertilizer, the nitrogen input of the cattle dung compost substitution ward was greater than the 100% chemical fertilizer ward.

* 茨城県農業総合センターつくば地域農業改良普及センター

** 茨城県農業総合センター専門技術員室

*** (財)茨城県農林振興公社

I. 緒言

茨城県の水戸市近隣地区では、ゴボウ、ネギ、ナガイモ、陸稲を組み合わせた輪作体系による栽培が盛んに行われている。その中で、ネギ、ナガイモに化学肥料と家畜由来の有機質資材を多量に投入し、多肥栽培となっている事例が多い。その結果、地下水への硝酸性窒素溶脱による環境負荷が懸念されている。

一方、本県は豚や牛の飼養頭数の多いことから家畜ふん尿の発生量が多く、この処理が課題となっており、環境保全、産地の維持発展のためにも、これら有機質資材の野菜作への有効利用が望まれている。

また、家畜ふん由来堆肥の窒素成分量と窒素肥効率を考慮した化学肥料代替施用について検討したので報告する。

II. 材料及び方法

試験 1. 家畜ふん堆肥による化学肥料代替施肥が露地野菜の収量並びに品質に及ぼす影響

水戸市周辺露地野菜地域の輪作作物であるゴボウ、ネギ、ナガイモにおいて、1998～2001年の4年間、化学肥料由来基肥窒素の一部を家畜ふん堆肥に代替施用したときの収量及び品質を調査した(表1)。家畜ふん堆肥は、もみガラ鶏ふん、発酵豚ふん、木屑牛ふんの3種類(表2)を使用し、過去の報告(1)から窒素肥効率をそれぞれ70%、70%、30%として、化学肥料由来基肥窒素分の60%(2001年のネギのみ基肥窒素の30%)をそれらの家畜ふん堆肥に代替して施肥した。ほ場は、従来から使用されていた輪作畑と2001年は開墾畑も使用した。反復は設けなかった。耕種概要は表3のとおりである。

表1 試験区の構成

試験区名	ゴボウ(1998年度)				ネギ(1999年度)				合計N量
	基肥N量		追肥N量	合計N量	基肥N量		追肥N量	合計N量	
	堆肥	化成	化成		堆肥	化成	堆肥		
もみガラ鶏ふん	3.4(2.4)	1.6	6.0	11.0(10.0)	0	7.0	14.3(10.0)	0	21.3(17.0)
発酵豚ふん	3.4(2.4)	1.6	6.0	11.0(10.0)	7.2(5.0)	7.0	7.1(5.0)	0	21.3(17.0)
木屑牛ふん	8.0(2.4)	1.6	6.0	15.6(10.0)	33.3(10.0)	7.0	0	0	40.3(17.0)
化成100%(対照)	0	4.0	6.0	10.0	0	17.0	0	0	17.0
農家慣行1(参考:輪作畑)		(同 化成100%)			42.0(29.4)	13.1	0	22.6	77.7(65.1)

試験区名	ナガイモ(2000年度)				ネギ(2001年度)				合計N量
	基肥N量		追肥N量	合計N量	基肥N量		追肥N量	合計N量	
	堆肥	化成	化成		堆肥	化成	堆肥		
もみガラ鶏ふん	10.3(7.2)	4.8	15.0	30.1(27.0)	0	12.0	7.1(5.0)	0	19.1(17.0)
発酵豚ふん	10.3(7.2)	4.8	15.0	30.1(27.0)	7.1(5.0)	12.0	0	0	19.1(17.0)
木屑牛ふん	24.0(7.2)	4.8	15.0	43.8(27.0)	0	12.0	16.7(5.0)	0	28.7(17.0)
化成100%(対照)	0	12.0	15.0	27.0	0	17.0	0	0	17.0
農家慣行1(参考:輪作畑)	20.1(14.1)	9.6	17.6	47.3(41.3)	32.4(22.7)	18.9	0	11.5	62.8(53.1)
農家慣行2(参考:新畑)	-	-	-	-	54.7(38.3)	14.3	0	19.4	88.4(72.0)

注) 堆肥の数字は現物窒素施用量で、その隣の()内数字は堆肥の窒素肥効量(現物窒素量×窒素肥効率)を表す。

堆肥の窒素肥効率は、もみガラ鶏ふん、発酵豚ふん、木屑牛ふん、それぞれ70%、70%、30%とした。

農家慣行の堆肥は主にもみガラ鶏ふんを使用。

表2 各種家畜ふん資材の成分

家畜ふんの種類	試験年度	含水率 (%)	全炭素 (乾物 %)	全窒素 (乾物 %)	C/N 比
もみがら鶏ふん	1998	35.3	29.2	5.0	5.8
	1999	45.3	19.0	2.5	7.7
	2000	52.0	19.7	2.3	8.4
	2001	44.5	18.2	2.4	7.5
発酵豚ふん	1998	31.7	34.8	4.2	8.3
	1999	14.1	26.1	3.8	6.8
	2000	34.1	26.4	2.4	11.0
	2001	8.4	32.0	4.3	7.5
木屑牛ふん	1998	72.5	33.0	2.3	14.5
	1999	54.9	31.3	2.2	14.3
	2000	38.2	30.6	2.1	14.9
	2001	14.4	28.7	2.1	13.9

表3 耕種概要

試験年度	栽培作物	品種	基肥施肥日	定植日	追肥日	収穫日
1998	ゴボウ	常豊	5/1	5/14(播種)		1/19
1999	ネギ	ホワイトツリー	4/28	4/28	6/16,7/18	10/25
2000	ナガイモ	在来種	4/24	4/6	6/21,8/3	1/15,18,19
2001	ネギ	ホワイトツリー	4/3	4/3	5/23,6/8	8/29
		(新畑) 東京夏黒2号	3/28	3/28	5/23,6/8	8/28

試験2. 家畜ふん堆肥による化学肥料代替施肥が地下浸透水及び土壌溶液の硝酸性窒素濃度に及ぼす影響

基肥窒素分の60%あるいは30%を家畜ふん堆肥に代替して施肥した場合の地下2mに浸透した水の硝酸性窒素濃度と地下1mの土壌溶液の硝酸性窒素濃度を調査した。採水装置は、従来からの畑地では埋設型ライシメーター(深さ2m)と土壌溶液採取器具(ミズトール:深さ1m)を用いた。開墾畑では、上記の土壌溶液採取器具を用いて溶液を採水した。

試験3. 家畜ふん堆肥による化学肥料代替施肥が窒素吸収量及び窒素収支に及ぼす影響

基肥窒素分の60%あるいは30%を家畜ふん堆肥に代替して施肥した場合の作物の窒素吸収量をケルダール法により測定した。施用した家畜ふん堆肥、化学肥料、降雨中の窒素を投入量とし、作物体による窒素の持ち出しと地下への窒素浸透を支出量として、窒素投入量-窒素支出量を窒素収支とした。

Ⅲ. 結果

試験1. 家畜ふん堆肥による化学肥料代替施肥が露地

野菜の収量並びに品質に及ぼす影響

輪作畑においては、家畜ふん堆肥施用区のコボウの収量は、県野菜栽培基準の標準収量2,000kg/10aが得られた(表4)。また、対照の化成100%区より増収するものの、商品性の高い規格割合が15~20%減少した。ネギについては、1999年度は家畜ふん堆肥による代替率を60%で、2001年度は30%で実施したが、代替率30%の方が対照の化成100%区と比較したときの収量及び商品性の高い規格割合が代替率60%よりも高かった。もみがら鶏ふん区ではほぼ同等、発酵豚ふん区及び木屑牛ふん区で増収した。ナガイモは試験を行った年が県野菜栽培基準の標準収量に満たない低収年であったが、家畜ふん堆肥施用区は対照の化成100%区と比較すると収量及び商品性の高い規格割合ともに勝った。

新畑のネギ(2001年度のみ)においては、開墾後初めての作付であったが、家畜ふん堆肥施用区の収量は、化成100%区と比較して、もみがら鶏ふん区と発酵豚ふん区では同等であったが、木屑牛ふん区ではやや劣った。商品性の高い規格割合は、もみがら鶏ふん区と発酵豚ふん区では化成100%区よりも勝ったが、木屑牛ふん区では同等であった。

表4 家畜ふん由来堆肥施用区の収量及び品質の評価

試験区名	試験年度	栽培作物	収量 (kg/10a)	同左比 (%)	商品性の高い 規格割合 (%)	総合評価
もみがら鶏ふん	1998	ゴボウ	3,000	107	47	○
	1999	ネギ	3,850	93	65	△
	2000	ナガイモ	2,669	121	24	○
	2001	ネギ	3,414	101	47	○
	〃	ネギ(新畑)	3,984	97	61	○
発酵豚ふん	1998	ゴボウ	3,550	126	45	○
	1999	ネギ	3,438	83	57	×
	2000	ナガイモ	2,628	119	22	○
	2001	ネギ	3,633	107	71	◎
	〃	ネギ(新畑)	4,152	101	44	○
木屑牛ふん	1998	ゴボウ	3,440	122	41	○
	1999	ネギ	3,970	96	71	○
	2000	ナガイモ	3,225	146	35	◎
	2001	ネギ	3,957	117	58	◎
	〃	ネギ(新畑)	3,847	93	34	△
化成 100% (対照)	1998	ゴボウ	2,810	100	62	
	1999	ネギ	4,150	100	75	
	2000	ナガイモ	2,203	100	14	
	2001	ネギ	3,380	100	46	
	〃	ネギ(新畑)	4,124	100	35	
農家慣行 (参考)	1998	ゴボウ	2,810	100	62	
	1999	ネギ	4,360	105	84	
	2000	ナガイモ	3,072	139	23	
	2001	ネギ	4,052	120	51	
	〃	ネギ(新畑)	4,647	113	57	

注) 県野菜栽培基準の標準収量：ゴボウ 2,000kg/10a, ネギ 3,000kg/10a, ナガイモ 4,000kg/10a。

ゴボウの化成 100% 区と農家慣行区は同じ試験区である。

平成 13 年度のネギの収量は、病害の発生が多かったため、全調整重の値。

商品性の高い規格：ゴボウ L～2M, ネギ 2L～M, ナガイモ A2L～AL。

総合評価は、化成 100% 区を基準とし、収量及び品質について、◎優れる○やや優れる△やや劣る×劣るの 4 段階とした。

試験2. 家畜ふん堆肥による化学肥料代替施肥が地下浸透水及び土壌溶液の硝酸性窒素濃度に及ぼす影響

図1をみると、家畜ふん堆肥施用区の地下 2m の浸透水の硝酸性窒素濃度は、1998 年春から 1999 年 7 月までのゴボウ、ネギ栽培時期はいずれの区も 50～100mg/L の高濃度で推移し、対照の化成 100% 区と比較してもやや高濃度で推移した。しかし、1999 年 8 月のネギ収穫期前頃から家畜ふん堆肥施用区の浸透水中硝酸性窒素濃度は 23～36 mg/L まで大幅に低下し、2000 年 4～10 月のナガイモ栽培時期はさらに低下して 17～24 mg/L となり、化成 100% 区と比較するとほぼ同様の値となった。2001 年は家畜ふん堆肥によ

る代替率を 30% に下げたネギ栽培であったが、家畜ふん堆肥施用区の浸透水中硝酸性窒素濃度は 16～26 mg/L で推移してほぼ横ばいであり、化成 100% 区とほぼ同様の値であった。

土壌溶液(地下 1m)の硝酸性窒素濃度は、対照の化成 100% 区では 10～50mg/L で推移したのに対し、家畜ふん堆肥施用区は 6～37mg/L で推移し、浸透水の場合と異なり、家畜ふん堆肥施用区の方が対照の化成 100% 区を下回ることも多く、特に発酵豚ふん区で低かった(図2)。また、過去の施肥が影響していない新畑(ネギ)での硝酸性窒素濃度は、特にもみがら鶏ふん区及び発酵豚ふん区において化成 100% 区よりも低くなる傾向を示した。一方、多施肥の農家慣行区で

は高い濃度を示した(図3)。

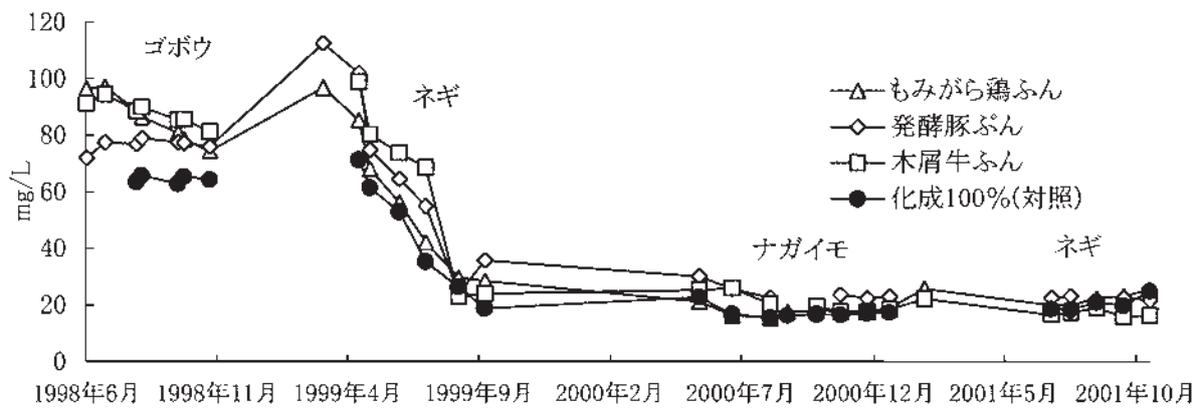


図1 地下2mの浸透水中硝酸性窒素濃度の推移(輪作畑:1998~2001年)

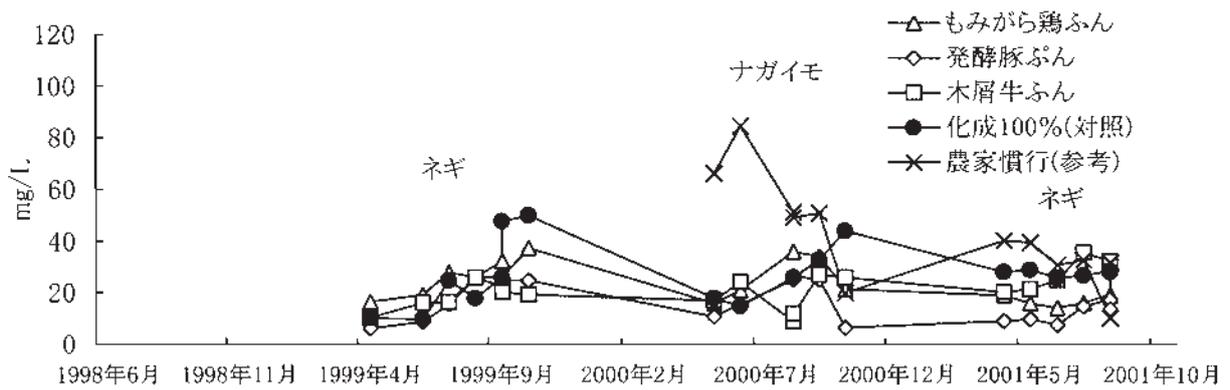


図2 地下1mの土壌溶液中硝酸性窒素濃度の推移(輪作畑:1999~2001年)

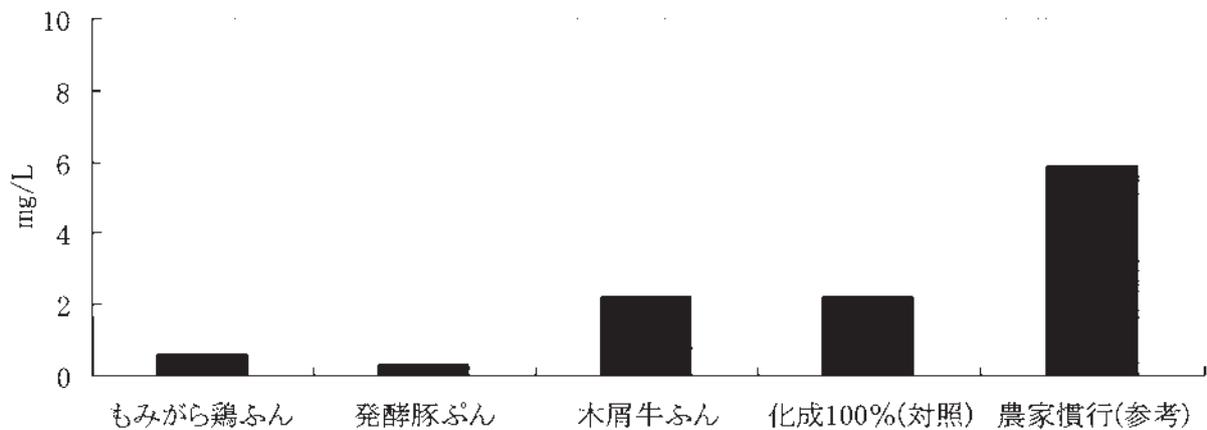


図3 地下1mの土壌溶液中硝酸性窒素濃度の年間平均値(新畑ネギ:2001年)

試験3. 家畜ふん堆肥による化学肥料代替施肥が窒素 吸収量及び窒素収支に及ぼす影響 (輪作畑)

家畜ふん堆肥施用区の窒素収入(4作合計)は、窒素肥効率を考慮して化学肥料と窒素の肥効が同程度になるように家畜ふん堆肥の投入量を多くしたため、対照の化成100%区より10~58kg/10a多くなり、木屑牛ふん区が特に多く、もみがら鶏ふん区と発酵豚ふん区ではほぼ同等であった。家畜ふん堆肥施用区の窒素支出(4作合計)をみると、作物体持ち出しによる窒素搬出量は化成100%区と比較して木屑牛ふん区ではやや多くなり、もみがら鶏ふん区と発酵豚ふん区では

ほぼ同等であった。家畜ふん堆肥施用区の地下浸透による窒素流出は、化成100%区と比較して、木屑牛ふん区及び発酵豚ふん区ではやや多く、もみがら鶏ふん区ではほぼ同等であった。従って、家畜ふん堆肥施用区の窒素収支は、化成100%区の-14.8kg/10aと比較して、窒素肥効率を30%と最も低く見積もって投入量の最も多かった木屑牛ふん区で+29.9kg/10aと最も多くなり、窒素肥効率を70%としたもみがら鶏ふん区と発酵豚ふん区ではそれぞれ-6.1、-10.3kg/10aとやや多い程度であった(表5)。

表5 窒素収支(輪作畑)

(kg/10a)

試験区名	家畜ふんの N肥効率(%)	試験年度	作物	収入				支出			収支
				堆肥	化学肥料	降雨	計	作物体持ち出し	地下浸透	計	
もみがら鶏ふん	70	1998	ゴボウ	3.3	7.6	1.4	12.3	11.0	14.1	25.1	-12.8
			ネギ	14.3	7.0	1.2	22.5	13.2	13.6	26.8	-4.3
		2000	ナガイモ	10.2	19.8	1.0	31.0	17.7	4.4	22.1	8.9
			ネギ	7.1	11.9	0.6	19.6	11.4	6.1	17.5	2.1
		計	34.9	46.3	4.2	85.4	53.3	38.2	91.5	-6.1	
発酵豚ふん	70	1998	ゴボウ	3.4	7.6	1.4	12.4	13.3	13.1	26.4	-14.0
			ネギ	15.0	7.0	1.2	23.2	11.8	15.8	27.6	-4.4
		2000	ナガイモ	10.1	19.8	1.0	30.9	17.7	6.4	24.1	6.8
			ネギ	7.6	11.9	0.6	20.1	12.6	6.2	18.8	1.3
		計	36.1	46.3	4.2	86.6	55.4	41.5	96.9	-10.3	
木屑牛ふん	30	1998	ゴボウ	8.0	7.6	1.4	17.0	12.2	14.7	26.9	-9.9
			ネギ	33.7	7.0	1.2	41.9	13.6	16.0	29.6	12.3
		2000	ナガイモ	24.0	19.8	1.0	44.8	23.3	5.7	29.0	15.8
			ネギ	16.6	11.9	0.6	29.1	12.7	4.7	17.4	11.7
		計	82.3	46.3	4.2	132.8	61.8	41.1	102.9	29.9	
化成100% (対照)	-	1998	ゴボウ	0.0	10.0	1.4	11.4	11.1	9.9	21.0	-9.6
			ネギ	0.0	17.0	1.2	18.2	11.3	14.6	25.9	-7.7
		2000	ナガイモ	0.0	27.0	1.0	28.0	19.9	4.2	24.1	3.9
			ネギ	0.0	17.0	0.6	17.6	13.4	5.6	19.0	-1.4
		計	0.0	71.0	4.2	75.2	55.7	34.3	90.0	-14.8	
農家慣行1 (参考)	(70)	1998	ゴボウ	0.0	10.0	1.4	11.4	11.1	計測なし	(11.1)	(0.3)
			ネギ	42.0	35.7	1.2	78.9	18.0	〃	(18.0)	(60.9)
		2000	ナガイモ	17.5	27.2	1.0	45.7	22.6	〃	(22.6)	(23.1)
			ネギ	30.6	30.4	0.6	61.6	16.2	〃	(16.2)	(45.4)
		計	90.1	103.3	4.2	197.6	67.9		(67.9)	(129.7)	

注) 地下浸透は硝酸性窒素量(地下2m平均浸透水量×浸透水の硝酸性窒素濃度)。農家慣行区の地下浸透は計測していないため不明。

降雨の窒素濃度は、1998~2000年度は茨城県内水面水産試験場(行方郡玉造町)、2001年度は茨城県公害技術センター(水戸市)の測定値。

Ⅳ. 考 察

露地野菜のゴボウ、ネギ、ナガイモにおいて、基肥窒素の一部を家畜ふん堆肥にその窒素肥効を考慮して代替しても化学肥料100%栽培と同等の収量が得られた。ゴボウとナガイモでは化学肥料由来基肥窒素の60%を家畜ふん堆肥に代替しても化学肥料100%栽培と同等の収量が得られた。しかし、ネギではやや減収した。これは、ゴボウとナガイモは基肥+追肥の施肥体系が基準で、基肥窒素の60%を代替してもそれぞれ全窒素施用量の24%、27%を家畜ふん堆肥に代替したに過ぎなかったが、ネギは全量基肥体系が基準であったため、基肥窒素の60%を代替すると全窒素施用量の60%を家畜ふん堆肥に代替することになり、家畜ふん堆肥による代替率が多かったためと考えられた。従って、ネギでも家畜ふん堆肥による代替率を基肥窒素の30%とした場合は、ゴボウやナガイモと同様に化学肥料100%栽培と同等の収量が得られている。また、今回の試験では、既に明らかになっている生ふんの窒素肥効率(1)に基づいて、もみガラ鶏ふんと発酵豚ふんの窒素肥効率は70%、木屑牛ふんの窒素肥効率は30%としてそれぞれの投入量を決めたが、最近、堆肥化された家畜ふんの窒素肥効率は発酵鶏ふんが51~67%、乾燥豚ふんで54~70%、オガクズ牛ふんで33~36%であると報告された(2)。それに基づくと、本試験での窒素肥効率は、もみガラ鶏ふんと発酵豚ふんではやや高く、木屑牛ふんではやや低く見積もった。そのため、投入量は、もみガラ鶏ふんと発酵豚ふんではやや少なく、木屑牛ふんではやや多くなり、実際の窒素の肥効は、想定した肥効よりも、もみガラ鶏ふんと発酵豚ふんではやや少め、木屑牛ふんではやや多めとなった可能性があった。それでももみガラ鶏ふん区と発酵豚ふん区で化成100%区と同等の収量が得られたのは、有機質資材と化学肥料を併用する(窒素代替率50%)と有機質資材の窒素肥効率が有機質単独施用よりも高まるという報告(2)があり、本試験でも家畜ふん堆肥と化学肥料を併用したためそのような効果が発現したためと考えられた。

輪作畑における地下2mの浸透水中硝酸性窒素濃度は、最初の2年間は家畜ふん堆肥施用区の方が化成100%区よりも高く推移したが、後半の2年間と比べていずれの区も濃度が著しく高いので、試験開始前までの慣行の多施肥と施肥量のバラツキによるものと考えられた。前作までの施肥の影響のない新畑にお

ける地下1mの土壤溶液の硝酸性窒素濃度は、もみガラ鶏ふん区や発酵豚ふん区は化成100%区よりも低い濃度であったが、その差はそれぞれ1.6、1.9程度であったため、ほぼ50mg/L以上の濃度で推移した輪作畑の最初の2年間では試験区間の差は現れなかったと考えられた。後半の2年間は、慣行よりも施用量の少ない試験区の設置によって硝酸性窒素濃度が減少してきたが、家畜ふん堆肥施用区は窒素肥効を考慮して家畜ふん堆肥を投入したため、窒素溶出量が化学肥料100%区とあまり変わらなかったために化学肥料100%区とほぼ同様の値で推移したと考えられた。地下1mの土壤溶液の硝酸性窒素濃度は、家畜ふん堆肥施用区が化学肥料100%区よりもやや低く推移したが、地下2mの浸透水中硝酸性窒素濃度に差がみられなかった。この原因としては、まだ試験区設置前の地下1~2mの硝酸性窒素が完全には抜けきっていなかったことも考えられた。また、化学肥料の一部を乾燥豚ふんや牛ふん堆肥に代替した場合、硝酸性窒素濃度は化学肥料100%区が最も高く、家畜ふんによる代替率が多くなるに従って低くなったが、年次の経過とともにその差が縮まっていくとの報告(3)があるので、本試験においてもこのまま続けていけば、地下2mの浸透水中硝酸性窒素濃度も家畜ふん施用区が一旦は化学肥料100%区よりも低くなるが、徐々にその差は縮まっていくと考えられる。

窒素収支は、家畜ふん堆肥施用区の方が化学肥料100%区よりも多くなった。その原因は、家畜ふん堆肥施用区の窒素収入と支出を化学肥料100%区と比べると、支出の差よりも収入の差の方が大きく、家畜ふん堆肥の窒素肥効を低く見積もり、窒素の肥効を化学肥料並にするため化学肥料100%区よりも多く投入したためと考えられた。従って、窒素肥効率を30%と最も低く見積もった木屑牛ふん区で窒素収支は最も多くなり、窒素肥効率を70%とやや高く見積もったもみガラ鶏ふん区及び発酵豚ふん区で化学肥料100%区よりもやや多い程度になったと考えられた。なお、窒素収支が、木屑牛ふん区を除いてマイナスになったのは、試験区設置前までの慣行の多施肥の影響で、地下浸透による窒素支出が多かったためと考えられた。また、家畜ふん堆肥は、長期間連用していくと有機態窒素の無機化によって窒素の放出量が徐々に多くなり(4)、硝酸態窒素の溶脱量も徐々に増加するので(3,5)、環境負荷軽減の面からは窒素収支は低い値、できれば0に近い方が望ましいと考えられる。そのためには、

神奈川県で行っているような堆肥投入後の1作についてその堆肥からの有効成分量を差し引いた施肥基準の設定(6)と併せて、過去の家畜ふん堆肥投入量とその長期的な窒素無機化特性に基づいた化学肥料や家畜ふん堆肥の投入量の設定が必要になってくる。

最後に、本試験ではいずれの試験区も地下2mの浸透水中硝酸性窒素濃度が環境基準の10ppmを下回ることがなかったが、この基準以下の濃度にするためには本試験よりも減肥した試験や時期別に作物の養分吸収特性を把握し、それに基づいた施肥量や施肥時期の設定や施肥位置等について検討していかなくてはならない。特に窒素投入量-窒素搬出量(作物体持ち出し)が大きいネギやナガイモについてはまだ検討の余地がある。また、家畜ふん堆肥は今までは土づくりとして多量に投入する傾向があったが、今後は本試験のように窒素成分量を分析して投入する方法が必要になると考えられ、さらに詳細な施用方法について検討が必要である。

V. 摘要

露地野菜の輪作地帯の同一ほ場で、基肥窒素の60%(あるいは30%)を化学肥料から家畜ふん堆肥に代替して、ゴボウ、ネギ、ナガイモ、ネギの順に作付した場合の収量、品質について調査した。また、地下浸透水(深さ2m:埋設型ライシメーターにより採水)と土壤溶液(深さ1m:ポーラスカップにより採水)の硝酸性窒素濃度、窒素収支に及ぼす影響について調査した。その際、家畜ふん堆肥は、もみガラ鶏ふん堆肥、発酵豚ふん堆肥、木屑牛ふん堆肥を使用し、その窒素肥効をそれぞれ化学肥料の70%、70%、30%と考慮し、窒素の効果が化学肥料並になるように投入量を補正した。

1. 基肥窒素の60%を化学肥料から上記の家畜ふん堆肥に代替すると、ゴボウとナガイモでは化学肥料100%栽培と同等以上の収量が得られたが、ネギではやや劣った。基肥窒素の30%を化学肥料から家畜ふん堆肥に代替してネギを栽培したところ、同等以上の収量が得られた。商品性の高い規格割合は、ネギとナガイモでは化学肥料100%栽培と比較して同等以上であったが、ゴボウではやや劣った。

2. 家畜ふん堆肥代替区の地下2mの浸透水中硝酸性窒素濃度は、化学肥料100%区と比較して、いずれの家畜ふん堆肥でも試験前半の2年間はやや高かったが、後半2年間はほぼ同等であった。地下1mの土壤溶液

中硝酸性窒素濃度は、試験期間中同等もしくはやや低い濃度で推移した。

3. 家畜ふん堆肥代替区の窒素収支は、化学肥料100%区と比較して、窒素支出(作物体の持ち出しと地下浸透)に大きな差がなかったため、窒素肥効を化学肥料よりも低く考慮して窒素投入量が多くなった分多くなった。特に木屑牛ふんで多くなった。

謝辞

本試験の遂行にあたり、熊澤喜久雄東京大学名誉教授、藤井國博東京農業大学教授をはじめとする農業環境収支適正化確立事業関係委員会の方々、事務局の大橋哲郎氏(元日本農業研究所)には的確で様々なご指導、ご助言を頂きました。また、農業総合センター野口昭治技師、柳原正之副技師にはライシメーターの設置や浸透水採水において、足立美差代氏をはじめとする臨時職員の方々には分析や調査において多大なご協力を頂きました。さらに、水戸市の園部優氏には快く現地ほ場を提供して頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

1. 松崎敏英(1977)家畜ふん尿の農業利用に関する研究 神奈川農総研報第118号:1-38.
2. 松本英一・鹿島美咲・折本美緒(2001)各種有機質資材の肥効の解明 茨城農総セ農研成績集 p.194.
3. 茨城県農業総合センター試験研究主要成果(2003)有機物施用量の違いが硝酸態窒素の溶脱に及ぼす影響 p.96-97.
4. 藤原俊六郎(2003)堆肥のつくり方・使い方 p.94. 農文協.
- 5.(独)農業技術研究機構中央農業総合研究センター土壤肥料部水質保全研究室(2002)化学肥料および豚ふん堆肥を連用した黒ボク土畑における硝酸性窒素の溶脱 平成14年度関東東海北陸農業試験研究推進会議関東東海・土壤肥料部会資料 p.50-51.
6. 藤原俊六郎・安藤有一(2001)有機物を考慮した環境保全的施肥基準の考え方 平成13年度関東東海土壤肥料技術連絡協議会秋季研究会資料 p.I-1 - I-8

新規導入カンパニュラの実用性

本図竹司・駒形智幸・市村 勉

キーワード：カンパニュラ，キリバナ，ハチモノ，ガーデニング，シュッコソウ

Practical Potential of Recently Introduced *Campanula* species

Takeshi MOTOZU, Tomoyuki KOMAGATA and Tsutomu ICHIMURA

Summary

The practical potential of the recently introduced *Campanula* species was studied to develop additional cropping menus for increasing consumption. Therefore *Campanula latifolia*, *C. moesiaca*, *C. primulifolia*, and *C. rapunculoides* were especially useful for cut-flower use, even though it was necessary to select long-stem-line for producing high quality cut-flowers in *C. rapunculoides* or to take care in the cultivation of *C. latifolia* or *C. moesiaca* for their own weak habit. On the other hand, *C. barbata*, *C. formanekiana*, *C. fenestrellata*, *C. garganica*, *C. incurva*, *C. kemlariae* and *C. rotundifolia* showed practical potential for pots, but except for *C. kemlariae* and *C. rotundifolia* they were not so vigorous. Many of the *Campanula* species were practical as gardening materials because of their novelty to Japanese consumers.

I. 緒言

日本原産 (13) のカンパニュラ属植物であるホタルブクロ (*Campanula punctata*) やヤツシロソウ (*C. glomerata*) は、古くから庭園材料として利用されており、同属に対する日本人の親近感は比較的高い。しかし、国内で営利栽培されている同属植物は海外より少なく (9, 11), 消費や生産の拡大が期待できる。しかも、同属には 300 以上もの種があり (14, 15), 営利品目として未開発の種が数多くあると考えられる。

そこで、形態的あるいは生態的に変化に富むカンパニュラ属植物を、新しい営利品目として開発しようとして、海外から最近導入したカンパニュラ属植物の特性を把握し実用性を検討した。

II. 材料及び方法

実験は 1996 年から 3 年間、主に海外から種子を入手して行った。種子の入手には種苗業者からの直接購入だけでなく、海外趣味サークルの種子交換事業も

利用した。なお、すでに国内で流通している種類 (品種) については、国内種苗業者から種子あるいは苗を入手した。

毎年 5 月上旬に市販培地 (メトロミックス 360) を詰めた育苗箱に播種し、9cm ポットに鉢上げ後、露地で管理した。適宜追肥を行い、9 月下旬に所内露地圃場 (茨城県岩間町、北緯 36° 16′, 東経 140° 19′, 海拔 29m) に 20 × 20cm の栽植距離で定植した。開花まで、追肥、除草および薬剤散布を適宜行った。

生育初期の生育状況は株の大きさを基準にして、*C. trachelium* を“大”，*C. lactiflora* を“中”，*C. fenestrellata* を“小”とした相対評価で 9 月に判定した。また、耐寒性を露地での越冬状況 (大：100 ~ 75%，中：75 ~ 50%，小：50 ~ 25%，無：25 ~ 0% 生存) で評価した。ただし、1998 年に行った実験では供試株が少なく、露地栽培を行えなかったため、耐寒性が判定できなかった。さらに、実用性は草丈が 60cm 以上であれば切花に、40cm 以下であれば鉢物に利用可能と判断し、草丈のみで評価した。宿根草 (ガーデニング用素材) には耐寒性が大きいもので実用性が大き

いと判定した。

Ⅲ. 結果および考察

趣味サークルの種子交換事業はもちろんのこと、営利販売している種苗業者でさえも誤った種名で販売している場合がみられたので、Becktt(5), Lewis・Lynch(8), RHS(14, 15), 塚本(18, 19)らの報告を基に供試種の同定を行い、誤種ではないと判定できたものを第1表および第1図に示した。

初期の生育状況を第1表に示したが、生育旺盛なものばかりでなく、脆弱な種類も多くみられた。日本に自生する *C. punctata* や *C. glomerata* は生育が旺盛であったが、海外から導入した種類の多くは夏季が冷涼なヨーロッパや中央アジアに自生するため、高温多湿な日本の夏は生育不良条件であった。ただし、ヨーロッパ原産でありながらも、*C. trachelium* や *C. rapunculoides* は旺盛な生育を示しており、一概にヨーロッパ原産の種類が日本の風土に適さないとはいえない。

また、自生地ヨーロッパは実験圃場よりも冬季の寒さが厳しいはずであるが、露地で越冬できない種類が数多くみられた。これは、実験圃場が関東ローム層で形成されており、霜柱で根が浮き上がりやすいこと、さらに乾燥した季節風に浮き上がった根が直接さらされたために枯死に至ったと考えられた。土壌条件や微気象が異なれば、多くの種類で越冬が可能である。

開花期は年次変動もあり正確な判断ができなかったが、多くの種類で6月に開花した。一部に4～5月に開花した種類がみられたが、ハウス内で栽培されたため、正確な開花期とはいえない。なお、*C. × haylodgensis* 'Blue Wonder' は、9月に発蕾はしたものの開花には至らなかった。この要因は、高温の影響というより、自然日長が開花のための限界日長を超えないためと考えられた。

花色は、ほとんどの種類で白～紫色であり、花色幅はそれほど大きくなかった。市場性の高い桃色花を有する種類は、*C. lactiflora*, *C. punctata*, *C. takesimana*(8)あるいは *C. medium*(19)に限られ、商品化に際してはこの狭い花色幅がカンパニユラ属の弱点といえる。しかし、*C. latifolia* や *C. persicifolia* ではわずかな花色の違いでも品種として確立されており(8)、狭い花色幅とはいえ変化が多く商品性が認められよう。一方、唯一 *C. thyrsoides* だけが供試種類の中で花色が黄色で

あったが、商品性があるほどの濃い黄色ではなかった。なお、濃黄色から赤にかけての花色は、カンパニユラ属では全く確認されていない(8, 14)。

カンパニユラは、イギリスではガーデニング用素材として古くからの歴史があり、趣味家が育種を担っていた(8)。栽培の容易な *C. cochleariifolia*, *C. persicifolia*, *C. poscharskyana* では数多くの品種が趣味家によって育成されているが、栄養繁殖性のものが多いため(8)、日本に導入するには植物体で導入せざるを得ず、通関にやや面倒な手続きを必要とする。

なお、趣味家は好みの個体からの種子を保存していくために、長年のその行為が無意識下の選抜行為となり、自然に固定化される場合がある。本実験でも、種子交換事業で導入した種類には、同一種でありながらも提供者によって開花期が全く異なるものや、異種と思えるほど花容が異なるものがあった。このような事業を利用すれば、作期や花色幅の拡大も容易である。

また、カンパニユラ属では、近縁交雑による種間雑種が存在する(14)。たとえば、*C. 'Burghaltii'* は *C. punctata* × *C. latifolia*(8)、*C. 'Birch Hybrid'* は *C. portenshlagiana* × *C. primulifolia* といわれている(14)。それらの多くは稔性がないため、繁殖は栄養繁殖に限られているが、雑種強勢のためか強健なものが多く、*C. 'Kent Belle'* や *C. × haylodgensis* 'Blue Wonder' は営利的に販売されている(第1表)。カンパニユラ属では種間雑種が獲得しやすいと考えられるので、近縁交雑を積極的に行うことにより変化の幅を広げ、消費を拡大することが可能である。

営利栽培には新品種や開花調節技術の開発が欠かせないが、鉢物の開花調節に関してはMoeら(10)の影響が大きい。また、*C. medium* についてはWellensiek(21)の詳細な報告がある。国内でも、開花調節については勝谷(7)、石坂・植松(6)、横井(20)、浅野・駒形(1, 2, 3)らの、育種については大川(13)の報告があり、営利栽培の基礎となっている。未開発の種を普及させるためにも、多くの種類の開花生態を解明する必要がある。

以下に供試種の特徴を記載し、第1表を補足する。

C. allariifolia

長さ3～4cmでアイボリーホワイトの小花を下向きにつける。草丈が比較的高いが、下向きの小花が市場性の有無を懸念させる。耐寒性は極めて強い。

第1表 カンパニュラの生育特性と各種用途への実用性

種名 ^z	実施年	初期 ^y 生育	耐寒性 ^x	開花期	草丈 (cm)	花色	市販の 有無 ^w	実用性の判定 ^v		
								切花	鉢物	宿根草
<i>C.alliariifolia</i>	1997	大	中～大	6月上中旬	40～70	白	無	○	○	○
<i>C.americana</i> *	1997	小	無	6～7月	130～200	紫	無	○	×	×
<i>C.barbata</i> *	1996	小	無	6月	20～40	白～淡青	無	×	○	×
<i>C.'Burghaltii'</i>	1996	小	小	6月	40～60	淡桃	無	○	○	×
<i>C.carpatica</i>	1997	中	中～大	6月下旬	10	白～紫	有	×	○	○
<i>C.cochleariifolia</i>	1996	中	中～大	6～7月	10	白～紫	有	×	○	○
<i>C.collina</i>	1997	中	小	6月上旬	20～30	紫	無	×	○	×
<i>C.fenestrellata</i>	1997	小	小	6月	15	紫	無	×	○	×
<i>C.formanekiana</i> *	1996	小	無	6月	40	淡紫	無	×	○	×
<i>C.fragilis</i> *	1997	小	無	6月	15	紫	有	×	○	×
<i>C.garganica</i>	1997	小～中	小～中	6月中旬	15	紫	無	×	○	×
<i>C.glomerata</i>	1997	大	大	6～7月	40～60	紫	有	○	○	○
<i>C.grossekii</i>	1996	小	大	6月中旬	40～70	紫	無	○	×	○
<i>C.×haylodgensis</i> <i>'Blue Wonder'</i> **	1998	大	—	未開花	10	淡青	有	×	○	—
<i>C.incurva</i>	1996	大	無～中	6月中旬	30	淡紫	無	×	○	×
<i>C.kemlariae</i>	1997	中	大	6月中旬	20	赤紫	無	×	○	○
<i>C.lactiflora</i>	1997	中	小	6月	60～80	白～紫	有	○	×	×
<i>C.lasiocarpa</i> **	1998	小	—	7月中下旬	10	淡青	無	×	○	—
<i>C.latifolia</i>	1996	小	小	6月上旬	60	白～紫	無	○	×	×
<i>C.lingulata</i> *	1996	小	無	5月	30	紫	無	×	○	×
<i>C.moesiaca</i> **	1998	小	—	4月下旬	60～80	淡青紫	無	○	×	—
<i>C.ochroleuca</i>	1996	大	大	6月中旬	60	白	無	○	×	○
<i>C.patula</i> *	1997	大	無	4月	40～70	紫	有	○	○	×
<i>C.persicifolia</i>	1996	大	大	6～7月	80～120	白～紫	有	○	×	○
<i>C.portenshlagiana</i> **	1998	中	—	4月	20	赤紫	有	×	○	—
<i>C.poscharskyana</i>	1997	大	小～中	6月上旬	30	紫	有	×	○	×
<i>C.primulifolia</i> *	1996	中	小	7月	90	紫	無	○	×	×
<i>C.punctata</i>	1997	大	大	6月上旬	40～70	白～赤紫	無	○	○	○
<i>C.pyramidalis</i>	1997	大	小	6～7月	100～150	白～紫	有	○	×	×
<i>C.rapunculoides</i>	1997	大	大	6月中旬	60～120	紫	無	○	×	○
<i>C.rapunculus</i> *	1997	大	無	5月	40～70	紫	無	○	○	×
<i>C.rotundifolia</i>	1997	大	中～大	6月中旬	40～80	紫	無	○	○	○
<i>C.sarmatica</i>	1997	大	中～大	7月上旬	20～40	淡紫	無	×	○	○
<i>C.sartorii</i> **	1998	大	—	5月中上旬	5	白	無	×	×	—
<i>C.saxifraga</i> **	1998	小	—	6月中下旬	15	紫	無	×	○	—
<i>C.sibirica</i> **	1998	大	—	4月上旬	30	紫	無	×	○	—
<i>C.takesimana</i>	1997	大	大	6～7月	40～60	淡桃	無	○	○	○
<i>C.thyrsoides</i> *	1997	小	無	6月	20～40	黄色	無	×	○	×
<i>C.trachelium</i>	1997	大	大	6～7月	80	白～紫	無	○	×	○

z: 露地で越冬不可能(*)あるいは露地栽培未検討(**)のため加温ハウス内で生育したものの結果.

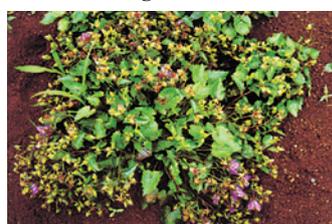
y: *C.trachelium*を“大”, *C.lactiflora*を“中”, *C.fenestrellata*を“小”とした相対評価.

x: 露地での越冬状況. 大: 100~75%, 中: 75~50%, 小: 50~25%, 無: 25~0% 生存.

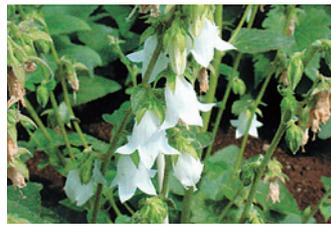
w: 国内大手種苗会社(営利生産者向け)からの販売の有無. カタログにて調査.

v: 草丈により切花と鉢物との実用性を評価. 耐寒性により宿根草(ガーデニング用素材)としての実用性を評価.

○: 適, ×: 不適, —: 不明.

*C. alliariifolia**C. americana**C. barbata**C. 'Burghaltii'**C. carpatica**C. cochleariifolia**C. collina**C. fenestrellata**C. formanekiana**C. fragilis**C. garganica**C. glomerata**C. grossekii**C. ×haylodgensis**C. incurva**C. kemlariae**C. lactiflora**C. lasiocarpa**C. latifolia**C. lingulata**C. moesiaca*

第1図 供試種類の開花状況(続く)



C. ochroleuca



C. patula



C. persicifolia



C. portenshlagiana



C. poscharskyana



C. primulifolia



C. punctata



C. pyramidalis



C. rapunculoides



C. rapunculus



C. rotundifolia



C. sarmatica



C. sartorii



C. saxifraga



C. sibirica



C. takesimana



C. thyrsoides



C. trachelium

第1図 供試種類の開花状況

C. americana

直径1～2cmの少し縮れた星状の小花を多数つける。草丈は2mを超える場合もある。耐寒性は強くない。一般的な種ではなく、ほとんど記載がない(14)。

C. barbata

2cm程度のベル型の花を下向きにつける。花色は白～淡藍色であるが個体差がある。草丈も個体差があるが、鉢物に適する。柔らかめの毛じが密生する。

C. 'Burghaltii'

C. punctata と *C. latifolia* との種間雑種で、同じ交配組み合わせには 'Kent Belle' (濃青紫色) があり(8)、逆交雑品種には *C. 'Van Houttei'* がある(8)。*C. punctata* に似た薄ピンクの小花を下向きにつける。草丈が40～60cmであり、鉢物と切花のいずれにも中途半端ともいえなくもない。また、初期生育が劣るため管理に注意が必要である。

C. carpatica

欧米では古くから鉢物として親しまれている。多くの品種が発表されており(8)、品種によって低温要求性が異なることも指摘されている(3)。花色は白～紫色で、主に一重だが八重の品種もある(高臣, 私信)。

C. cochlearifolia

鉢物として一般的で、ヨーロッパでは古くから楽しまれてきた。品種も数多い。花色は白～紫色で、*C. carpatica* 同様一重と八重の品種がある(8)。国内でも営利生産されている(高臣, 私信)。

C. collina

1cmほどの紫色の小花を、20～30cmの花茎に下向きにつける。まだ営利栽培はされていないが、鉢物としての利用が可能。ただし、花色が紫色に限られることと耐寒性がやや欠けることが欠点である。

C. fenestrellata

C. garganica や *C. poscharskyana* の近縁種にあたる。*C. elatines* の変種として *C. garganica* と一緒にする場合もある(14)。本実験で用いた本種は、他2種よりも花弁幅が狭く、花色が濃いこと、葉の毛じが多いことで区別できたが、それぞれ種内変動も認められるために3種の区別は非常に難しく、自然交雑による種間雑種も

多いのではないかとと思われる。鉢物利用の可能性は十分認められるが、耐寒性がやや小さい。

C. formanekiana

白に近い薄ピンクの小花を多数つける。茎葉には多くの毛じがありビロード状に近い。草丈がそれほど高くなくて小花が密生するので鉢物としての市場性は高いが、実験では開花株率が低く低温要求性が大きいと考えられた。市販品種もあるらしい(青木, 私信)。

C. fragilis 'June Bell'

鉢物として一般的な種類であり、1～2cmの淡青紫色の小花を多数つける。実験にはサカタのタネで育成したF1品種 'June Bell' を供試した。一斉に開花した状態は見事だが、長日処理を行っても *C. portenshlagiana* より開花が遅れる(2)。

C. garganica

C. fenestrellata や *C. poscharskyana* とは近縁種になる。本実験で用いた本種には毛じが全くなく、花色が淡い個体が多かった。*C. fenestrellata* と本種は *C. poscharskyana* よりもほふく(匍匐)性が強く、釣り鉢に適する草姿であった。

C. glomerata

和名をやツシロソウあるいはリンドウ咲きカンパニユラといい、日本では九州地方に自生する(13)。濃赤紫色の小花を多数つけ、形態は *C. moesiaca* に似る。初期生育が旺盛で耐寒性も強く、草丈も40～60cmと鉢物にも切花にも適するとともに、宿根草としても利用価値が高い。すでに種子販売されている。

C. grossekii

3～4cmの濃紫色の小花をやや下向きにつける。茎葉には硬めの毛じを多数つけるため、鉢物には不向きである。硬めの毛じが印象を悪くする危険性があるため、宿根草としての利用にとどめた方がいい。

C. × haylodgensis 'Blue Wonder'

1cmほどの淡青色八重の小花を多数つけ、草姿は *C. cochlearifolia* に似る。耐寒性は不明だが、初期生育がよく栽培しやすい、栄養繁殖による市販品種である。*C. carpatica* と *C. cochlearifolia* との種間雑種といわれている(14)。

C. incurva

5cm ほどの白に近い淡紫色のベル状の小花を上向きに咲かせる。茎葉はほふく性が強く、花形は *C. medium* とほぼ同じである。満開時には花で葉や地面が見えなくなり見事であるが、低温要求性や幼若性が大きいとみえ、咲かせるのは容易ではない。

C. kemlariae

1cm ほどの紫色の小花を 20cm ほどの花茎につける。茎が細く直立しにくいいため、鉢物では釣り鉢として利用する。耐寒性が大きく株分けも容易にできるため、栽培は容易である。営利生産はされていない。

C. lactiflora

すでに切花として利用されており (12)、市販品種もある。花色は白、ピンク、紫色である。2cm ほどの小花を 60 ~ 80cm の花茎につける。

C. lasiocarpa

10cm ほどの花茎に 1 ~ 2cm の淡青紫色の小花をつける。草姿は鉢物向きだが、初期生育が悪く脆弱であり、日本の気候にはあわないと考えられる。

C. latifolia

海外では切花として利用されているが、日本ではまだ営利栽培に利用されていない。花色は白~紫色で、*C. medium* をやや細長く鋭利にした小花を横向きに咲かせる。茎は細いが硬く直立し切花に利用しやすい。生育が旺盛でないことと花卉が薄く荷傷みしやすいのが欠点。欧米では多くの品種が作出されている (8)。

C. lingulata

20 ~ 30cm のほふく性をもつ花茎に、2 ~ 3cm の紫色の小花をつける。脆弱で営利栽培には向かない。

C. moesiaca

C. glomerata の花色を淡青色に変えたものと考えてよい。種内変動はあるものの、草丈が高くなる個体が多く切花に適しているが、やや脆弱である。

C. ochroleuca

C. alliariifolia に酷似した花を咲かせるが、*C. alliariifolia* よりも若干草丈が低い。初期生育や耐寒性などの生態的特性も *C. alliariifolia* に同じ。

C. patula

個体差があるが、3 ~ 5cm の赤紫色の小花を多数つける。花茎が細いがスプレー状の花房のため、アレンジメントなどの利用に適している。ミヨシの 'あさぎり' は本種の選抜系である (12)。立枯症状 (病名不明) が多発する場合があります、時には全滅するため、耐病性を持った個体の選抜が営利栽培には必須である。

C. persicifolia

和名をモモハギキョウといい、古くから親しまれているが、実は日本原産ではなく北西アジアからヨーロッパ、北アフリカに自生する。極めて耐寒性に富み、強健であり栽培は容易であるが、夏季に立ち枯れ症状が発生することがある。花色は白~紫色、花形は一重から八重まであり、45 を超える品種が発表されている (14)。国内では切花としての利用は少ない。

C. portenshlagiana

ベルフラワーあるいはオトメギキョウの名で鉢物としては一般的である。花色は紫色で、1cm ほどの小花を多数つける。国内では濃い赤紫色の 'ゲットミー' (PKM 社育成) が主力品種である (高臣, 私信)。

C. poscharskyana

C. garganica や *C. fenestrellata* と近縁であるが、両種より強健で大柄である。毛じの有無には種内変動がある。前記 2 種より栽培が容易なためか、営利栽培に多く利用されており、国内では PKM 社 (デンマーク) 育成の 'アルペンブルー' が主力品種である (高臣, 私信)。白色花の 'アルペンホワイト' もある。

C. primulifolia

2 ~ 3cm の紫色の星状花を直立する花茎に多数つける。非常に魅力的な花容であるが、花茎にはやや硬めの毛じが多数あり、皮膚に刺さることもある。花卉が厚いが荷傷みしやすく輸送には注意を要する。高温多湿に極めて弱く、施設内ではほとんど越夏できない。

C. punctata

和名をホタルブクロといい、日本に自生するため古くから親しまれてきた。花色は白~赤紫色で、下向き的小花をつける。草丈には個体差があり、切花にも利用できるほど高くなるものもある。強健で宿根草としても利用できる。*C. takesimana* は近縁種である。

C. pyramidalis

草丈が非常に高くなり茎も太くなる。白～紫色の小花を多数つけ、花穂がピラミッド形になるのが学名の由来(18)。切花として利用されており、種子も市販されている。幼若性の大小に個体間差がみられるので、優良個体の選抜が必要であろう(勝谷, 私信)。

C. rapunculoides

赤紫色の小花を直立した花茎に多数つける。草丈や小花の大きさは個体差が大きい。株分けでも種子でも繁殖は容易であり、強健で栽培も容易である。白色花もあるが、こちらは脆弱で営利生産は難しい。

C. rapunculus

C. patula に似た小花を多数つける。*C. patula* と同様に立枯性病害が発生することがあり注意を要する。淡紫色の小花を多数つけ、アレンジメントに利用できる。

C. rotundifolia

シャジンの名で流通している山草である。花色は白～紫色で1～2cmの小花を多数つける。茎は硬いが直立性に乏しく、倒伏してしまうことが多い。まれに剛直で草丈の高い個体もあり、欧米では主に切花栽培に利用されている(高臣, 私信)。

C. sarmatica

3～5cmの淡紫色の小花をつける。毛じがあり、茎には若干ほふく性がある。栽培は比較的容易だが、商品として仕上げるには高度の栽培技術が必要だろう。

C. sartorii

強健で栽培が容易だが、1cmほどの目立たない小花で華やかさがなく、商品性に乏しい。茎は極めて強いほふく性があり、雲竜柳のように曲がりくねっており、他種にはない個性がある。

C. saxifraga

マット状の株から赤紫色の花を一輪ずつ咲かせる。脆弱で営利栽培には向かない。欧米ではロックガーデンに利用されている(8)。

C. sibirica

20～30cmの花茎に赤紫色の小花を多数つける。

やや硬めの毛じがあるが問題になるほどではなく、鉢物としての利用が可能である。

C. takesimana

C. punctata の近縁種で韓国に自生する。強健で耐寒性が強い。*C. punctata* とは異なり茎葉に毛じが全くなく照葉である。花色は赤紫色でさほどきれいではない。

C. thyrsoides

カンパニュラ属では珍しく黄色の花であり、花穂の形状も独特である。高山植物であるが耐寒性に乏しく、脆弱で栽培しづらい。

C. trachelium

5cmほどの白～紫色の小花をつける。花色などに個体差があり、白色の‘Alba’や(14)二重の‘Bernice’(8)などの固定品種もある。花茎が長く、切花として十分利用可能であるが、硬めの毛じが皮膚に刺さることがある。強健で栽培しやすいが、株分けができないため繁殖は種子による。国内での営利生産はほとんどないが、古くから紹介されている(16)。

これらの結果から、国内ですでに大量に市場流通しているものを除き、比較的栽培しやすく市場性が求められた種類は、切花としては *C. latifolia*, *C. moesiaca*, *C. primulifolia*, *C. trachelium* であった。ただし、*C. rapunculoides* は、すでに宿根草として一般化しており新鮮味はないが、草丈の高い系統を選抜すれば切花として有望といえよう。また、*C. latifolia* と *C. moesiaca* とは強健な種類ではないので栽培管理に注意が必要である。一方、鉢物としては、*C. barbata*, *C. formanekiana*, *C. fenestrellata*, *C. garganica*, *C. incurva*, *C. kemlariae*, *C. rotundifolia* が有望と思われるが、*C. kemlariae*, *C. rotundifolia* 以外は強健な種類ではない。宿根草としてはまだ利用されていない種類が多いので、第1表で耐寒性があると判断された全ての種類が利用可能である。

IV. 摘要

消費拡大のために新規品目を開発しようとして、すでに市場流通されている種類以外で、近年導入されたカンパニュラ種の実用性を検討したところ、切花としては *C. latifolia*, *C. moesiaca*, *C. primulifolia*, *C.*

trachelium, *C. rapunculoides* が有望であった。ただし、*C. rapunculoides* では草丈の高い系統を選抜することが、*C. latifolia* と *C. moesiaca* とでは栽培管理に注意が必要であった。一方、鉢物としては、*C. barbata*, *C. formanekiana*, *C. fenestrellata*, *C. garganica*, *C. incurva*, *C. kemlariae*, *C. rotundifolia* が有望と思われるが、*C. kemlariae*, *C. rotundifolia* 以外は強健な種類ではない。ガーデニング用材料の宿根草としては、多くの種類で新規性があり、実用性が認められた。

謝 辞

文献の入手にご協力いただいた静岡大学農学部教授・大川清博士、供試苗を提供していただいた白山貿易・高臣輝男社長および(株)ミヨシ・小黒晃氏に深謝します。

引用文献

1. 浅野昭・駒形智幸 (1991) 鉢物用宿根性カンパニュラ類の開花調節に関する研究. 茨城園試研報 17: 101-113.
2. 浅野昭・駒形智幸 (1993) 鉢物用宿根性カンパニュラの開花調節に関する研究 (第2報) 株冷蔵方法が生育・開花に及ぼす影響. 茨城農総セ園研報 2: 21-33.
3. 浅野昭・駒形智幸 (1998) 鉢物用カンパニュラ類の促成栽培. 茨城農総セ園研報 6: 62-66.
4. 千葉大学 (1990) カンパニュラ. 農林水産省農蚕園芸局種苗特性分類調査報告書. 東京.
5. Becktt, K. (1993) *Campanula*. p. 227-241. In: Kenneth Becktt (ed). *Encyclopedia of Alpine*. AGS Publications Limited, Worcestershire.
6. 石坂宏・植松盾次郎 (1988) フウリンソウの開花調節に関する研究 (第1報) 開花に及ぼす播種期, 加温開始時期, 加温程度, 日長の影響. 埼玉園試研報 (16) : 13-18.
7. 勝谷範敏 (1994) カンパニュラの生態反応. p. 59-68. 平成6年度日種協育技研シンポジウム資料. 日本種苗協会
8. Lewis, P. and M. Lynch (1998) *Campanulas*. p. 1-176. Batsford, London.
9. Moe, R. and O. M. Heide (1985) *Campanula isophylla*. p. 119-122. In: Haleby, Abraham H. (eds). *CRC Handbook of Flowering Vol. II*. CRC Press, Florida.
10. Moe, R., Royal D. Heins and J. Erwin (1991) Stem elongation and flowering of the long-day plant *Campanula isophylla* Moretii in response to day and night temperature alternations and light quality. *Sci. Hort.* 48: 141-151.
11. Moe, R. and N. Holmenlund (1989) *Campanula poscharskyana*. p. 146-150. In: Haleby, Abraham H. (eds). *CRC Handbook of Flowering Vol. VI*. CRC Press. Florida.
12. 小黒晃 (1994) カンパニュラ属の特性と園芸学的利用. p. 55-58. 平成6年度日種協育技研シンポジウム資料. 日本種苗協会
13. 大川清 (1963) ホタルブクロおよびシマホタルブクロの園芸化に関する研究. 東京農工大学卒業論文.
14. RHS (1992) *Campanula*. p. 485-495. In: A. Huxlet, M. Griffiths and M. Levy (eds). *The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening*. MacMillan, London.
15. RHS (1996) *Campanula*. p. 219-223. In: Christopher Brickell (eds). *A-Z Encyclopedia of Garden Plants*. Dorling Kindersley, London.
16. 佐野泰 (1977) 高性カンパヌラ. 新花卉 95 : 28-31.
17. Torre, S. and R. Moe (1998) Temperature, DIF and photoperiod effects on the rhythm and rate of stem elongation in *Campanula isophylla* Moretii. *Sci. Hort.* 72: 123-133.
18. 塚本洋太郎 (1982) *Campanula* L. 井上頼数ら編著. 最新園芸大辞典 (3). 誠文堂新光社. 東京
19. 塚本洋太郎 (1988) カンパヌラ. p. 576-584. 塚本洋太郎編著. 園芸植物大事典 (1). 小学館. 東京.
20. 横井邦彦 (1985) 宿根草の開花調節に関する研究 (第1報) アキレア・スピードリオン他数種の生育開花に及ぼす入室時期と日長の影響. 奈良農試研報 16 : 51-59.
21. Wellensiek, S. J. (1960) Flower Formation in *Campanula medium*. *Mededeeling Landbouwhogeschool, Wageningen*. 60: 1-18.

カーネーションの切り戻しによる長期栽培に関する研究 (第三報)

2年切り栽培における品種比較ならびに 優良品種の早期判定基準

市村 勉, 本図竹司, 高城誠志*

キーワード：カーネーション, ヒンシュヒカク, ニネンギリ, キリモドシ, ヒンシュトクセイ

Studies on the Long Term Cultivation of Carnation by Pruning (III)

Selection of Useful Cultivars for Two-year-harvesting of Carnation and Early Judging Standard of Useful Cultivars for Two-year-harvesting of Carnation

Tsutomu ICHIMURA, Takeshi MOTOZU and Seishi TAKAGI*

Summary

Some useful Carnation cultivars were selected for the long term cultivation with pruning and the relevance of planting the first year and the second year was examined regarding yield and quality.

1. 'Excerea' , 'Fairy Pink' , 'Fluffy' , 'Light Pink Barbara' and 'Bosanska' were selected as useful cultivars.
2. Significant correlation between planting the first year and the second year was observed in yield, number of flower bud and stem strength.
3. The yield in the first year was practical as a criterion of selection of useful cultivars for two-year-harvesting of carnation.

* 茨城県農業総合センター銚田地域農業改良普及センター

I. 緒言

種苗コストの低減、労力の分散、改植労力の省力化を可能にするカーネーションの長期栽培を確立するため、著者らはこれまでに切り戻し位置、切り戻し時期、切り戻し後の栽培温度、日長の違いが開花期と切り花品質とに及ぼす影響について検討した(3)。また、栽植密度・反射マルチ、灌水方法、切り戻しの有無、採花方法の違いが萌芽、開花期および切り花品質に及ぼす影響についても検討した(4)。しかし、好適品種の選定、整枝労力の軽減、切り花品質の向上などの問題が指摘されており、技術的な課題は山積されたままである。

そこで、本報ではカーネーションの2年切り栽培における好適品種を選定するとともに、定植1年目と定植2年目において品種特性との関連性について検討した。

II. 材料及び方法

供試品種は表1のスタンダード系21品種、スプレー系16品種、ソネット系、マイクロ系およびジブシー系の品種群(以下、その他の品種群)からそれぞれ1品種の計40品種とした。スタンダード系5品種、スプレー系品種およびその他の品種群は1998年7月上旬に定植し、残りのスタンダード系16品種を2000年7月上旬に定植した。栽植密度は80cmベッドに6株植えとし、定植翌年の5月末日まで栽培した。定植翌年の6月中旬に、株元から15cmで切り戻し、7月下旬に株あたり6本に整枝した。スタンダード系およびスプレー系では、1番花を株元から30cmのところ、2番花を側枝の発生位置で採花した。その他の品種群では1番花、2番花とも株元から15cmで採花した。元肥に被覆複合肥料180日タイプ(TN:WP:WK=14:12:14, チッソ旭肥料社製)を10kg/a施用し、採花開始時期から翌年4月下旬までと、切り戻し整枝後から翌年4月まで液体肥料(TN:TP:TK=15:15:15, 大塚化学社製)1000倍液を週に1回施用した。最低夜温は12℃で管理した。実験には36株を供試した。

III. 結果

スタンダード系品種(表1)

定植1年目の採花本数は株あたり3.1~9.9本で、品種によって差が大きかった。その中で、'エクセリア'、'アルティカ'、'カトリーナ'は、株あたり9本以上で採花本数が多かった。定植2年目の採花本数は、品種間で定植1年目と同様の傾向が見られたが、その中で、'ピンクフランシスコ'、'ピンキーグラス'、'アルティカ'は定植1年目より採花本数が株あたり3本以上減少した。生存株率は品種によって差が大きく、'エクセリア'が100%で最も高く、'ダミナー'は全株が枯死した。切り花長は定植1年目70cm以上の品種が多かったが、定植2年目では70cm以下の品種が多くなった。特に、'リナルド'、'アンソニー'および'ピンクフランシスコ'は切り花長が10cm以上短くなった。切り花重は切り花長と同様の傾向が見られた。節数は定植1年目より2年目でやや多かった。下垂度2以上の品種は定植1年目では1品種であったが、2年目では9品種に増加した。

スプレー系品種(表1)

定植1年目の採花本数は株あたり0.3~7.3本で、品種によって差が大きかった。その中で、'インターメッツォ'は株あたり7本以上で採花本数が多かった。定植2年目の採花本数は1年目と同様の傾向が見られたが、その中で'エモーション'は定植1年目より採花本数が株あたり3本以上減少した。生存株率は品種によって差が大きく、'ライトピンクバーバラ'、'キャンドル'他2品種が100%で最も高く、'ショコラ'は全株が枯死した。切り花長は定植1年目65cm以上の品種が多かったが、2年目では65cm以下の品種が多くなった。その中で、'エロージョン'、'ハーモニー'、'エモーション'、'ウエストフレーム'および'インターメッツォ'は切り花長が10cm以上短くなった。定植2年目の切り花重は1年目より10g以上減少する品種が多かったが、'イバナ'、'ティアマリア'および'ライトピンクバーバラ'は切り花重の減少が見られなかった。節数は定植1年目より2年目の方がやや多くなる傾向が見られたが、'エモーション'および'インターメッツォ'では定植2年目の方が1節以上少なかった。着蕾数は定植1年目より2年目で減少する傾向が見られ、'ベリー'および'エモーション'では2輪以上減少した。ただし、'ティアマリア'では1輪以上増加した。下垂度は定植1年目より2年目の方が大きくなる傾向が見られ、'カメレオン'は下垂度3.6と最も高かった。

表1 供試品種の採花本数, 切り戻し後の生存株率, 切り花品質および品種特性

タイプ	定植年	品種名	採花本数(本/株)		生存株率 z (%)	切り花長 (cm)		切り花重 (g)		節数		着蕾数		下垂度 y		品種特性 x	
			1年目	2年目		1年目	2年目	1年目	2年目	1年目	2年目	1年目	2年目	1年目	2年目	1年目	2年目
スタンダード	1998年	リナルド	3.8	3.4	88	80.0	68.4	41.3	33.0	9.0	8.4	-	-	1.2	1.4	3	-
		アニー	4.8	4.6	92	70.4	63.2	33.8	27.4	8.3	8.5	-	-	1.1	1.2	3	2
		アンソニー	4.2	3.8	75	77.4	61.2	32.1	24.5	9.3	8.4	-	-	1.1	1.2	3	2
		ネルソン	3.7	6.8	92	76.5	68.7	33.1	24.9	9.0	9.9	-	-	1.2	2.0	3	1
		フランシスコ	5.3	7.6	92	65.4	66.2	31.1	24.2	8.2	9.4	-	-	1.1	2.1	2	3
	2000年	ピンクフランシスコ	6.9	1.8	61	62.9	47.2	29.8	19.1	8.1	9.4	-	-	2.3	3.1	3	3
		カトリーナ	9.0	6.3	82	78.7	70.7	40.2	38.0	12.3	13.4	-	-	1.2	1.5	2	2
		ビンキーグラス	8.1	4.6	69	70.8	70.6	32.5	34.7	9.2	11.6	-	-	1.5	1.5	1	3
		フェアリーピンク	7.4	7.6	82	80.7	73.8	44.9	34.4	11.0	11.3	-	-	1.2	1.7	2	2
		サントリーニ	4.2	1.0	56	71.7	63.1	49.4	36.9	11.8	11.2	-	-	1.1	2.1	3	2
		アルティカ	9.5	3.3	35	72.0	67.0	35.9	43.2	11.0	12.2	-	-	1.7	1.3	2	-
		ダミナー	4.9	0.0	0	75.9	-	41.5	-	8.4	-	-	-	1.2	-	3	3
		ドリーナ	5.7	3.6	78	78.7	72.9	39.2	37.0	9.6	11.8	-	-	1.6	2.1	3	-
		コスタンゾ	5.7	3.2	88	66.8	64.1	39.5	37.5	9.4	12.4	-	-	1.0	2.2	2	-
		ノラ	6.7	4.0	72	68.3	63.0	36.1	33.8	8.5	10.0	-	-	1.8	2.2	2	-
フラッフィー	5.9	7.2	94	64.2	63.7	40.4	36.3	9.4	11.6	-	-	1.1	1.7	3	-		
バシオ	3.9	3.4	81	63.2	59.8	37.1	32.5	8.0	10.3	-	-	1.4	2.4	3	-		
ホワイトマインド	5.9	2.3	63	76.0	69.0	35.4	38.3	9.2	11.3	-	-	1.7	2.1	3	-		
デイルフィ	4.0	3.5	80	72.3	63.8	40.1	33.3	9.9	10.9	-	-	1.1	1.3	3	2		
ユーコンホワイト	4.1	2.8	78	72.9	69.1	42.5	40.3	8.9	11.6	-	-	1.1	1.4	3	-		
エクセリア	9.9	8.4	100	66.0	59.9	35.5	29.1	9.1	10.5	-	-	1.1	1.5	2	2		
スプレー	1998年	キャンドル	3.9	5.2	100	70.2	61.3	42.6	27.1	9.6	10.7	8.8	7.3	1.3	1.4	3	-
		ベリ	3.8	6.8	92	81.8	73.4	45.9	28.0	11.0	12.3	8.8	6.0	1.1	1.8	3	1
		エロージョン	5.8	3.8	54	80.2	61.5	51.0	39.7	11.7	10.9	8.5	7.4	1.1	1.2	2	-
		ハーモニー	3.8	1.4	63	75.5	63.8	50.4	48.3	10.3	10.5	7.5	6.8	1.1	1.0	4	-
		スカーレットクイーン	4.0	5.0	83	66.7	68.1	47.1	38.4	10.8	11.6	7.6	6.6	1.1	1.5	3	2
		エモーション	3.4	0.4	29	61.1	41.8	35.8	15.5	9.1	7.5	7.4	5.3	1.0	1.3	3	-
		シヨコラ	0.3	0	0	63.2	-	41.0	-	9.0	-	8.0	-	1.0	-	2	-
		イバナ	4.4	4.9	71	74.1	72.8	39.7	43.8	8.8	10.4	7.2	7.4	1.5	1.8	3	1
		ティアマリア	4.4	2.2	42	76.1	80.9	34.2	44.5	12.2	13.5	6.5	8.4	1.2	1.2	3	1
		ボサンスカ	5.8	6.5	92	65.5	67.2	32.6	26.8	10.2	10.8	5.2	5.6	1.2	1.8	2	1
		カメレオン	4.9	7.1	100	84.5	81.0	49.1	35.7	12.1	13.7	9.6	8.3	2.1	3.6	2	1
		スカーレットキック	3.8	5.5	100	83.0	82.6	46.8	35.2	11.9	12.5	6.1	5.0	1.1	1.5	4	1
		ウエストフレイム	4.4	3.8	71	70.1	53.7	44.2	30.0	10.3	9.9	6.9	5.6	1.3	1.6	2	1
		ピカロ	2.6	4.8	88	53.4	53.3	33.5	24.1	8.5	8.1	7.9	7.5	1.0	1.5	2	1
インターメッツォ	7.3	6.5	96	74.8	56.6	48.3	30.2	11.3	9.4	6.9	5.4	1.1	1.4	2	1		
ライトピンクパーバラ	4.8	6.8	100	69.9	69.1	49.0	49.0	13.3	13.3	8.5	8.5	1.2	1.2	3	1		
その他	1998年	ソネットルーチェ	9.8	10.2	96	84.4	58.7	27.8	22.6	13.2	14.1	8.7	8.6	1.3	1.9	1	4
		ローランドフィッシュ	9.8	8.7	88	70.8	58.4	28.1	22.5	12.2	13.8	6.3	5.5	1.3	2.2	1	1
		ジブシー	12.0	12.4	88	91.2	66.5	28.7	17.3	15.6	15.2	15.8	15.7	1.4	1.6	1	-

z: (全体数 - 枯死株数) / 全体数 × 100, 8月調査

y: 1(下垂度 0 ~ 10°), 2(下垂度 11 ~ 20°), 3(下垂度 21 ~ 30°), 4(下垂度 31 ~ 40°)

x: 各種苗メーカーカタログより作成。早晩性: 1(極早生) ~ 5(晩生)。フザリウム抵抗性: 1(強) ~ 4(弱)

その他の品種群の品種 (表1)

定植1年目の採花本数は‘ジブシー’が12.0本で最も多かった。定植2年目の採花本数は‘ローランドフラッシュ’で定植1年目より1本程度減少したが、他の2品種は定植1年目と同等であった。生存株率はどの品種も約90%であった。切り花長はどの品種とも定植1年目より2年目で減少した。切り花重は切り

花長と同様の傾向が見られた。節数, 着蕾数および下垂度は品種間の差が小さかった。

なお, 定植1年目採花本数と定植2年目採花本数および早晩性との間に高い相関が認められた。また, 定植2年目採花本数と生存株率の間にも相関が認められた(表2)。

定植2年目切り花長と定植2年目切り花重, 定植1

年目着蕾数と定植2年目着蕾数および定植1年目下垂度と定植2年目下垂度との間に有意な相関が認められ

表2 採花本数, 生存株率と品種特性との相関係数行列

	1年目採花本数	2年目採花本数	生存株率	早晩性	フザリウム抵抗性
1年目採花本数	1				
2年目採花本数	0.752 **	1			
生存株率	0.217	0.726 **	1		
早晩性	-0.745 **	-0.582 *	-0.153	1	
フザリウム抵抗性	0.521	0.533	0.158	-0.397	1

* : 危険率5%

** : 危険率1%

表3 切り花品質に関する相関係数行列

	1年目切花長	2年目切花長	1年目切花重	2年目切花重	1年目着蕾数	2年目着蕾数	1年目下垂度	2年目下垂度
1年目切花長	1							
2年目切花長	0.550	1						
1年目切花重	0.233	0.352	1					
2年目切花重	0.108	0.603 *	0.513	1				
1年目着蕾数	0.307	0.073	0.324	0.093	1			
2年目着蕾数	0.092	0.197	-0.133	0.410	0.624 *	1		
1年目下垂度	0.445	0.351	0.151	0.167	0.426	0.379	1	
2年目下垂度	0.390	0.233	0.038	-0.226	0.429	0.155	0.881 **	1

* : 危険率5%

** : 危険率1%

IV. 考察

現在、カーネーションは多くの品種が栽培され、栽培面積に占める1品種の割合は年々小さくなっている。スタンダード系品種では、その割合が10%以上の品種が2品種見られるものの、品種の多様化が進んでいるスプレー系品種では全くない(6,9)。こうした品種の多様化は今後加速度的に進むと予想され、一品種の割合はますます小さくなるだろう。こうした状況の中で、生産者は有利販売のために品種選定に熱心であるが、新品種を追うあまり、品種特性が十分に把握できずに品質が不良となり、逆に経営を圧迫することも稀ではない(1,8)。そのため、カーネーション生産において、品種選定は極めて重要な課題となっており、このことは1年1作の作型より長期栽培において、より影響が大きくなると考えられる。

実験では本県の主力作型である周年栽培を行い、定植翌年6月に株元15cmで切り戻し、さらに1年間栽培する2年切り栽培で品種比較を行った。営利栽培での収量目標は、スタンダード系品種で500本/坪(7

本/株)、スプレー系品種で400本/坪(6本/株)とされている(10)ので、これらの収量目標を定植2年目の収量の選定基準とした。さらに、2年切り栽培では定植1年目より2年目で切り花品質が低下することが問題とされている(4,5)ため、定植1年目と比較して切り花長で10cm以内、切り花重で10g以内、着蕾数で1輪以内の品質低下と下垂度2以上を許容範囲として選定した。

その結果、スタンダード系品種では‘エクセリア’、‘フェアリーピンク’および‘フラフイー’、スプレー系品種では‘ライトピンクバーバラ’および‘ボサンスカ’が有望と考えられた。‘エクセリア’および‘ライトピンクバーバラ’は現在の主力品種であり、2年切り栽培が速やかに試行導入される場面が多くなるものと考えられた。なお、その他の品種群では整枝後に発生する側枝が多く、定植2年目の切り花品質が大きく低下したことから、2年切り栽培に適さない品種群と考えられた。

表2で示したように、定植2年目採花本数と定植1年目採花本数との間に有意な相関が認められたことか

ら、2年切り栽培では定植1年目採花本数が多い品種を用いることで、2年目の採花本数が確保できると考えられた。一方、定植2年目採花本数は生存株率との間に有意な相関が認められたことから、生存株率が高い品種を選定することで、定植2年目の採花本数が確保できると考えられた。しかし、生存株率を指標とした場合、実際に欠株が多く発生した後で対策を講じることになるため、指標としての実用性は低い。それに対して、定植1年目採花本数は植え替え時点で判断が可能になるので、指標としての実用性は高いと考えられた。

また、表3で示したように、定植1年目の切り花形質と2年目の切り花形質との間には相関が少なく、定植1年目の切り花形質から2年目の切り花形質を推定には無理があると考えられた。

これらのことから、2年切り栽培での品種選定において、定植1年目の採花本数は指標になるだろう。カーネーションは毎年多くの新品種が発表されている(1,2,9)ため、2年切り栽培に向く品種選定が必要になるが、この指標によって効率的な品種選定ができるものと考えられた。

一方、カーネーションの株枯れは定植1年目、2年目を問わず、萎ちょう病と萎ちょう細菌病が最も大きな原因とされている(10)。実験では生存株率とフザリウム抵抗性との間の相関が低い($r=0.158$)ことから、我が国では萎ちょう細菌病への対応が重要な課題であると考えられた。今後、高温多湿な夏がある我が国において、2年切り栽培を安定化させるためには、萎ちょう細菌病抵抗性品種の選定ならびに育種が必要であり、本病に抵抗性を持つ中間母本‘カーネーション安濃1号’(7)を用いた営利品種の育成が待たれるところである。また、我が国においては耐暑性を考慮した育種(2)も、重要な課題と考えられた。

V. 摘 要

カーネーションの2年切り栽培における好適品種を選定するとともに、定植1年目と定植2年目において品種特性との関連性について検討した。

1. ‘エクセリア’, ‘フェアリーピンク’, ‘フラッキー’, ‘ライトピンクバーバラ’, ‘ボサンスカ’が2年切り栽培に適していた。
2. 定植1年目採花本数と定植2年目採花本数, 定植1年目着蕾数および下垂度と, 定植2年目着蕾数およ

び下垂度との間に有意な相関が認められた。

3. 定植1年目の採花本数は, 2年切り栽培の品種選定の基準として実用的であった。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、農業総合センター野沢敬一技師、永井祥一副技師、大野英明副技師、伊王野資博技術員に多大なるご協力をいただいた。ここに心より感謝申し上げる。

引用文献

1. 細谷宗令(1999)カーネーションの品種の変遷と動向(1)農及園74(5):559-566.
2. 細谷宗令(1999)カーネーションの品種の変遷と動向(2)農及園74(6):675-678.
3. 市村勉・高城誠志・浅野昭(2000)カーネーションの切り戻しを用いた長期栽培に関する研究(第一報)茨城園研報9:17-22.
4. 市村勉・高城誠志・浅野昭(2001)カーネーションの切り戻しを用いた長期栽培に関する研究(第二報)茨城園研報10:17-22.
5. 中村恵章(1999)カーネーションの2年切り栽培農及園74(11):1181-1186.
6. 日本花普及センター(2002)切花等の需給計画カーネーション 花き情報 118:25-27.
7. 小野崎隆(1997)カーネーションの萎ちょう細菌病抵抗性育種 日種協育技研シンポジウム:65-77.
8. 臼井富太(1999)カーネーション生産の動向と今後の課題 国内産地の現状と課題 農及園74(8):845-850.
9. 山中正仁(2000)最近のスタンダードカーネーション・スプレーカーネーションの品種特性 施設園芸42(4):63-67.
10. 米村浩次(1990)切り花栽培の新技術 カーネーション(下巻)pp. 13-46 誠文堂新光社 東京.

超微粒子ホルマリンによる昆虫工場の消毒

小林則夫

キーワード：コンチュウコウジョウ、シヨウドク、チョウビリュウシホルマリン、ウイルス、カクタカクタイビョウ、PCR、ケンシュツ、カイコ、ヨウサン

The Disinfection of the Insect Factory by the Super-minute Particle Formalin .

Norio KOBAYASHI

Summary

1. Infection disappeared when it was exposed to the formalin gas of 100 ppm for two hours, a slight though infection was remained though the NPV refined from the polyhedra was exposed to the formalin gas at 500 ppm for one hour.
2. The recombinant NPV infection stayed at the virus in the formalin gas of 150 or 300 ppm for 1 hour exposure, and at 20 to 150 ppm disappeared for 2 hours by the management as for the infection of the virus.
3. When detection by PCR was done with a combination of primer NPI7-8, in the wild type NPV, a band appeared in 544 bp with a combination of NP3a-4a in 808 bp. Two bands appeared when four kinds of primer were mixed. But, one band appeared only in 808 bp with the recombinant virus.
4. As for the wild type NPV, exposure was detected even with 200 ppm for six hours though it stopped when it was exposed to the formalin gas 400 ppm for six hours, being detected with PCR. Even at 300 ppm for four hours exposed to the formalin gas, the recombinant NPV was detected with PCR, and disinfection could not be confirmed.

I. 緒言

遺伝子組換え生物を用いた有用物質の生産は、近年の遺伝子組換え技術の進歩に伴い、植物、動物、昆虫等の高等生物を物質生産に用いることが可能になってきている。昆虫による物質生産はオートグラフア核多角体病ウイルス (AcNPV) や、カイコ核多角体病ウイルス (BmNPV) の強力なポリヘドリンプロモーターを有用物質生産に利用した、組換えバキュロウイルス発現ベクターが確立されている (7)。BmNPV を用いれば高度に家畜化されたカイコに組換えウイルスの感染増殖させ、医・農薬等の有用物質生産を行うことができることから、効率的な生産プラントの開発が待たれている (6)。このためには有用物質生産に適した蚕

品種の評価選定、生産性の高いウイルスベクターの開発、効率的なウイルス感染手法、蚕児飼育の完全自動化、有用物質の回収等の新しい技術の開発が必要であり、農業生物資源研究所が中心となって、昆虫を用いた有用物質生産施設「昆虫工場」の基盤技術開発を行っている。このような施設では組換えウイルスに感染したカイコを大量に飼育することから、施設内の残存ウイルスが施設外へ持ち出されることを防止するとともに、次期飼育に備えて清浄環境を整える技術が必要である。

一方、密閉度の高い養蚕施設では、少量無人散布機を用いた超微粒子ホルマリンによる消毒がこうじかび病菌や NPV 等の蚕病病原に対して効果が高く、金属への影響が少ないことから、稚蚕共同飼育所の消毒法

として実用化されている(3,10)。また、蚕病ウイルス病原の検出法としてPCRによる検出法が確立されており、蚕糞蚕沙などから微量な病原を検出することが可能となっている(8)。このような蚕病防除技術や検出技術は、昆虫工場施設での組換えNPVの封じ込め技術に適用できると思われた。

今回、著者は組換えウイルスを使用した昆虫工場施設における消毒技術の開発に取り組み、残存ウイルスの超微粒子ホルマリンによる不活化法と、PCRによるウイルス検出法において、若干の知見を得たので報告する。

なお、この課題は21世紀グリーンフロンティア研究「植物・動物・昆虫を用いた有用物質生産系の確立」の一部として、独立行政法人・農業生物資源研究所の委託を受けて実施したものである。

II. 材料および方法

1. 野生型ウイルスの不活化効果

超微粒子ホルマリン消毒法は、多角体に封入されている野生型ウイルスや糸状菌病原を対象にガス濃度や消毒時間が決められているので、多角体を形成しない組換えウイルスでは消毒条件を変える必要があると思われる。当研究所施設では組換えウイルスは取り扱えないので、多角体を溶かして精製した野生型ウイルスを用いて消毒効果を調べた。

供試ウイルスは、養蚕農家に発生した核多角体病蚕から採取して、当研究所で継代したウイルスである。多角体濃度で 1.22×10^9 個/mlの多角体液1mlにアルカリ液(炭酸ナトリウム0.025M, 塩化ナトリウム0.025M)9mlを加えて溶解し、等量の滅菌蒸留水を加えて希釈した。2,000gで10分間遠心した上清を、25,000gで60分間遠心して沈殿を1mlの滅菌蒸留水に浮遊させ、これを 10^9 個/ml濃度の野生型ウイルス浮遊液(タンパク量で5.25mg/ml)とした。この液をそのまま、または希釈して0.1mlを3cmガラスミニシャーレの底面に広げて乾燥させたものをウイルス試料とし、真空デシケーター中でホルマリンガスに曝露させた。

ホルマリンガスの調整は、ジェービークラールス社のジェットパーフェクターを用いた。当研究所内の密閉した蚕室内で超微粒子ホルマリン噴霧を行い、噴霧30分後に室内のホルマリンガス濃度が安定してから、予めウイルス試料を入れたデシケーターにエアポンプ

で吸引した。ホルマリン濃度はガス検知管で所定濃度であることを確認し、一定時間曝露後、開放して0.5mlの滅菌蒸留水をミニシャーレに入れてよく攪拌し、ウイルスを回収した。この試料液5 μ Lを微量注射器で4齢起蚕に注射し、発病状況を調査してウイルスの不活化を生物検定した。

2. 組換えウイルスに対する不活化効果

組換えウイルスでの消毒効果については、野生型ウイルスでの試験結果に基づきホルマリンガス濃度や消毒時間を予め設定し、独立行政法人農業生物資源研究所の施設を使って実施した。

供試ウイルスは、ポリヘドリンプロモーターにヒト血清アルブミン(HSA)遺伝子を組み入れたrHSA発現BmNPVベクター(5)を用いた。ウイルスは昆虫培養細胞で増殖したもので、力価が 10^7 PFU/ml以上のものを用いた。ホルマリンガスは実験室内にビニール蚊帳を吊り、その中にジェットパーフェクターを置いてホルマリン原液を噴霧し、エアポンプでデシケーターへ吸引した。以後、野生型ウイルスでの方法と同様にウイルスのホルマリンガスへの曝露を行い、カイコに注射して不活化効果を検定した。

3. 昆虫工場の設備に対する影響

超微粒子ホルマリン消毒は金属への影響が少ないことが明らかになっている(1)。しかし、昆虫工場内には様々な自動制御装置が設置されており、電子機器に対する影響についても考慮しなければならない。この消毒法が昆虫工場に適応できるか確認するため、パソコンを置いた室内でジェットパーフェクターによるホルマリン原液の噴霧を繰り返して実施して、パソコンに故障などが起きないかを調べた。

4. PCRによる不活化効果判定法

PCRによる組換えNPVの検出方法、および野生型NPVとの識別方法について検討した。ウイルス試料に超微粒子ホルマリン消毒処理を行い、生物検定によって確認された不活化程度と、PCRによる検出結果が一致するかについて調べた。

野生型NPV試料からDNA抽出を行い、PCRで消毒処理によるウイルス不活化が確認できるかを検討した。DNAの抽出はISOGEN(ニッポンジーン)を用いた。温度制御はミニサイクラー(フナコシ)を、TaqポリメラーゼはGenTaq(ニッポンジーン)を使

用した。PCRは野口らの方法(8)に準じて行い、プライマーにはNP1, NP4を用いた。温度条件は94℃1分間→55℃1分間→72℃1分間, 反復回数35回とし、PCR産物を1.5%アガロースで電気泳動してエチジウムブロマイドで染色して確認した。

野生型NPV検出に用いたプライマーは、一部がポリヘドリン遺伝子の塩基配列に基づいているため、この配列を欠損させた組換えNPVは検出できないことが考えられた。そこで、ポリヘドリン遺伝子をはさんだ前後の塩基配列を参考に作製したプライマーと、組換え部位から離れたie-1遺伝子塩基配列から作製したプライマー(4)を用意し組換えNPVの検出を試みた。ウイルス試料からのDNA抽出等は野生型NPVと同様に行い、組換えNPVを検出できるプライマーセット、温度条件、反復回数を検討した。

組換えNPVの検出法が確立された後、野生型NPVと組換えNPVを同時に検出できるPCR条件の検討や、消毒処理で不活化した組換えウイルス試料がPCRで不活化を確認できるかについて調査した。

Ⅲ. 結果

1. 野生型ウイルスに対する不活化効果

多角体から精製した 10^9 , 10^8 , 10^7 , 10^6 個/mlの

ウイルス液0.1mlをミニシャーレで乾燥させ、ホルマリンガスには接触させずに0.5mlの滅菌蒸留水で回収し、4齢起蚕に注射したところ、 10^9 個/mlで全部、 10^8 個/mlで約半数のカイコが発病したが、 10^7 , 10^6 個/mlでは発病しなかった。ウイルス試料をホルマリンガス500ppmに1時間曝露してからカイコに注射したところ、 10^9 個/mlでは1個体が発病したが、 10^8 ~ 10^6 個/mlのウイルス濃度では発病したものはなかった。次に、ウイルス試料 10^9 個/mlをホルマリンガス濃度100, 200, 400ppmで2, 4, 6時間曝露した。カイコに注射してウイルスが不活化されているか生物検定したところ、いずれの区でも発病蚕はなく、100ppm2時間でも不活化されていた(表1)。

以上のことから、多角体に包埋されていないウイルスは、多角体に包埋された野生型ウイルスを不活化するのに要するホルマリンガス濃度及び処理時間より、低濃度短時間の処理で不活化されることが示された。

2. 組換えNPVに対する不活化効果

組換えNPVを150ppm, または300ppmのホルマリンガスに1~6時間曝露して4齢蚕に注射して生物検定を行ったところ、1時間では病蚕が発生し、2時間では300ppm, 150ppmとも病蚕は発生せず、ウイルスは不活化されていた。さらに薄いホルマリンガス

表1 野生型ウイルスに対する不活化効果

ガス濃度	ウイルス量 多角体相当	ホルマリン消毒時間と死亡虫数				
		消毒なし	1時間	2時間	4時間	6時間
500 ppm	10^9 個/ml	20 頭	1 頭	—	—	—
〃	10^8	9	0	—	—	—
〃	10^7	0	0	—	—	—
400	10^9	20	17	0	0	0
200	10^9	20	19	0	0	0
100	10^9	20	20	0	0	0

1区20頭, ウイルス濃度は精製時の多角体個/ml

表2 組み換えウイルスに対する不活化効果

ガス濃度	ウイルス濃度	ホルマリン消毒時間と死亡虫数				
		消毒なし	1時間	2時間	4時間	6時間
300 ppm	10^7 PFU/ml	20 頭	18 頭	0 頭	0 頭	0 頭
150	10^7	20	20	0	0	0
100	10^7	20	—	0	0	0
50	10^7	20	—	0	0	0
20	10^7	20	—	0	0	0

1区20頭, ウイルス濃度はPFU/ml

濃度でウイルスの不活化を検討し、20ppm、50ppm、100ppmに2～6時間曝露して生物検定を行ったところ、全ての試験区で病蚕が発生はなく、もっとも低濃度である20ppm2時間処理でもこのウイルスを不活化できることが確認できた(表2)。

3. 昆虫工場の設備に対する影響

密閉した蚕室内(28m³)にパソコンを置き、ジェットパーフェクターでホルマリン原液を120ml噴霧して4時間後にホルマリンガス濃度が200ppm以上あることを確認した。翌日、蚕室入り口を開放してガス

抜きをし、パソコンをタイマーで1日1回フロッピーで起動して2時間稼働させ、その後再度ホルマリン噴霧を行った。これを半年間の間に40回繰り返し、パソコンに対する影響を調べた。調査期間中は正常に動作して故障はせず、試験後、分解して配線や基盤等に異状がないか調べたが、金属部分に腐食は見つからなかった。しかし、ジェットパーフェクターの吸引口に付けてあるフィルタースポンジにはホルマリン重合物が付着しており(図1)、噴霧操作のたびごとに交換が必要だった。この付着物は水に浸しておけば取り除けるので、フィルターを再利用することはできた。

図1 吸引口フィルターの付着物



右：使用前 左：使用后、吸引口の位置にホルマリンの重合物が付着している

4. PCRによる不活化効果判定法

野生型NPVの10⁹、10⁸、10⁷、10⁶個/ml濃度の試料からDNAを抽出した。プライマーにNP1とNP4を用い、35サイクルでPCRによる検出を行ったところ、10⁹、10⁸濃度ではバンドが現れて検出できたが、10⁷、10⁶濃度では検出できなかった。このことから、10⁹個/ml濃度の野生型NPVを、ホルマリンガス濃度100ppm、200ppm、400ppmに、2時間、4時間、または6時間消毒して不活化させた後、PCRで検出を行った。これを3回反復して行ったところ、400ppm6時間で検出されなくなった。しかし、生物検定で不活化を確認した100ppmや200ppmの消毒済み試料では、6時間処理しても検出され、ウイルスの不活化をPCRで確認することはできなかった(表3)。

組換えNPVを検出するために、ポリヘドリン遺伝子とその前後の塩基配列、およびie-1遺伝子の塩基配列を参考にしてプライマーを作製した(表4)。また、HSA遺伝子の塩基配列に基づいていくつかのプライマーを作製した。10⁷PFU/ml濃度のウイルスからDNAを抽出し、それぞれのプライマーの組み合わせで検討した。この結果、ポリヘドリン周辺の塩基配列を基にしたプライマーやHSA遺伝子から作製したプライマーでは組換えNPVは検出できなかったが、ie-1遺伝子に基づくプライマーNP11-4、またはNP17-8の組み合わせで、PCR条件を94℃1分→58℃1分→72℃2分、45回反復とすることで検出できた。

ポリヘドリン遺伝子のプライマーは野生型ウイルス

のみを検出でき、ie-1 遺伝子のプライマーは野生型、組換え型両方のウイルスを検出できることから、この両方のプライマーを混合して PCR を行うことで、野生型と組換え型の同時検出を試みた。その結果、NPI7-8 のと NP3a-4a のセットの組み合わせがもっとも良好で、野生型 NPV を鋳型 DNA とした場合では 808bp と 544bp に 2 本のバンドがほぼ同じ強さで現れた。組換えウイルスでは 808bp のみに 1 本のバンドが現れ、野生型と区別して検出することができた (図 2)。

このように組換えウイルスを検出できるプライマーと PCR 条件が確定したので、ホルマリンガスに曝露して感染力がなくなった組換えウイルスが、PCR で不活化を確認できるかについて調べた。ホルマリンガス 150ppm、または 300ppm に 1, 2, 4 時間曝露した組換えウイルス試料から DNA を抽出して PCR を行って電気泳動で確認したところ、全ての処理区でバンドが現れ、PCR ではウイルスの不活化を確認することはできなかった (図 3)。

表 3 ホルマリンガス曝露後のウイルスの PCR による検出

ガス濃度 ppm	ウイルス 濃度	ホルマリン曝露時間と PCR				
		0 時間	1 時間	2 時間	4 時間	6 時間
400	10 ⁹	+++	+	+	-	-
400	10 ⁹	+++	++	+	+-	-
400	10 ⁹	+++	++	+	+-	-
200	10 ⁹	+++	++	++	++	+
200	10 ⁹	+++	++	++	++	+
200	10 ⁹	+++	++	++	+	+
100	10 ⁹	++	++	++	++	++
100	10 ⁸	+	+	+	+	+
100	10 ⁹	+++	++	++	++	++

表 4 組換えウイルス検出のために作成したプライマー

名称	塩基配列	参照領域 (*)		方向
NP1	CGGTATGTACAGGAAGAGGT	-391 ~	-372	Fwd
NPS1a	CGACTCCAAGTGTGTGGGTGAAGTC	-281 ~	-257	Fwd
NPS1	CCAAGTGTGTGGGTGAAGTC	-276 ~	-257	Fwd
NPS2	ACTGTCGACAAGCTCTGTCC	-195 ~	-176	Fwd
NPS2a	ACTGTCGACAAGCTCTGTCCGTTTG	-195 ~	-171	Fwd
NP3b	CGGGCGTACTTACGTGTACGACAAT	30 ~	54	Fwd
NP3a	GCGTACTTACGTGTACGACAATAA	32 ~	56	Fwd
NP3	CGTACTTACGTGTACGACAA	34 ~	53	Fwd
NP4a	TCGAACGAGTTGGTGTACTCGCTGT	551 ~	575	Rev
NP4	TCGAACGAGTTGGTGTACTC	556 ~	575	Rev
NPS4a	ATCAACAACGCACAGAATCTAACGC	767 ~	791	Rev
NPS4	CAACGCACAGAATCTAACGC	772 ~	791	Rev
NPS3	TCGCTCTAACATACCACCCT	848 ~	867	Rev
NPS3a	TCGCTCTAACATACCACCCTAAAGA	848 ~	872	Rev
NPI1	GAGCGTCGTTTCGACAACGGCTATTC	117046 ~	117070	Fwd
NPI8	TTTTGTGATAAACAACAGCCCAACG	117075 ~	117099	Fwd
NPI7	CGTTGCACACATCTTGAGAATGAGG	117858 ~	117882	Rev
NPI4	GTCTCGTCTGCACACATCTTGAG	117865 ~	117889	Rev

*) Polyhedrin 遺伝子の翻訳開始点を +1 とする

図2 組換えウイルスと野生型ウイルスの検出

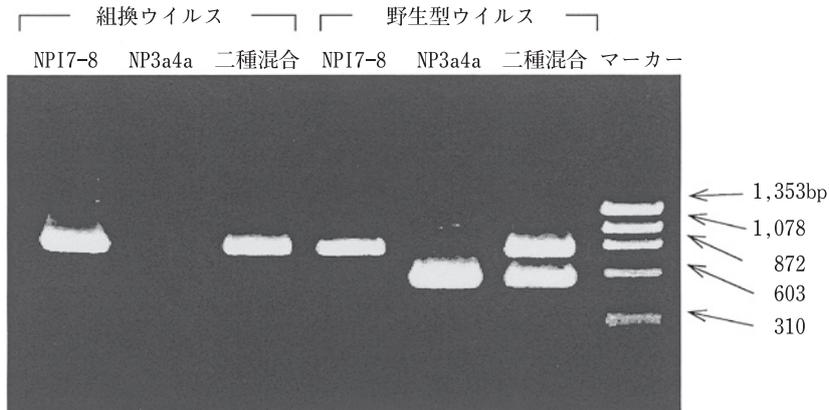
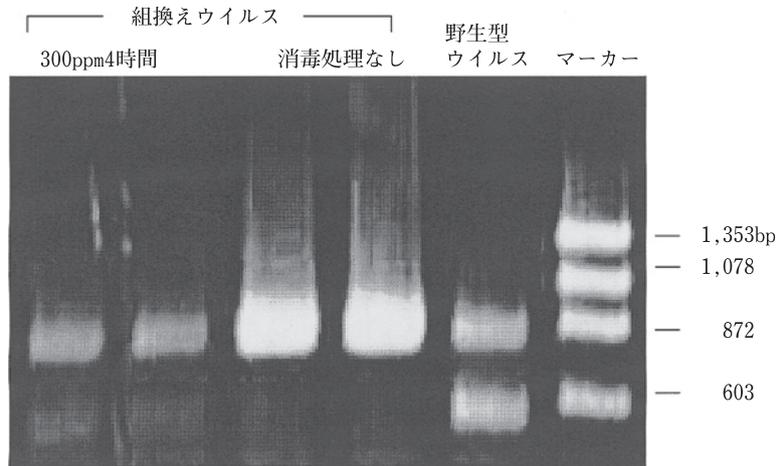


図3 PCRによるウイルス不活化検定



IV. 考 察

昆虫工場では1週間サイクルの生産工程が想定されていることから、残存ウイルスの消毒方法は短時間に完了でき、しかも電子機器類に影響が少ないことが望ましい。超微粒子ホルマリン消毒は消毒時間が短時間で済み、機械類へのダメージも少ないことから、昆虫工場への適用を検討した。蚕病防除での超微粒子ホルマリン消毒では、200ppm4時間処理を行うのが通常の消毒手順となっているが、多角体を溶かして精製したウイルスは100ppm2時間で不活化でき、多角体形成能力のない組換えNPVは、低濃度短時間の消毒処理で不活化されることが示唆された。組換えウイルス(rHSA発現BmNPV)を用いて不活化効果について

検討した場合、300ppm1時間では感染力は残り、20ppm2時間では不活化されていた。このことから多角体を形成しない組換えNPVはホルマリンガス濃度は20ppmあれば十分であるが、消毒時間はより重要で、2時間以上ホルマリンガスに曝露させる必要がある。今回の試験では、組換えウイルスに培養細胞で増殖させたものを使用した。昆虫工場ではカイコ体液に含まれるウイルスが残留することが予想されるので、消毒対象としてウイルス感染蚕の体液を使って不活化程度を調べることも必要と思われる。

超微粒子ホルマリン消毒はトタン、アルミニウム、ステンレス、鉄に対しては影響がなく、銅に対してはわずかに影響がある(1)と報告されている。パソコンでは影響がなかったことから、昆虫工場に設置された

電子機器類に影響はないであろう。しかし、噴霧機のフィルターにホルマリン重合物が付着してしたことから、噴霧中やガス濃度の高い状態で空調機を稼働させるとエアフィルターが目詰まりするおそれがあると思われる。ホルマリンのガス化は温度が高いほど促進されて消毒効果が高いので、空調を稼働させて温度を高めておくと効果が上がるが、消毒直前には空調機を止めておくことでトラブルを未然に防ぐことができると思う。

野生型ウイルス検出に用いたプライマーは、NP1が多角体蛋白翻訳開始点から-391~-372なので使用可能であったが、NP2,3,4は開始点+1~+730の間で組換え部分なので組換えウイルスの検出には使えなかった。ポリヘドリン遺伝子前後の塩基配列を参考に作製したプライマーなら、組換え領域をはさんで増幅することを予想したが、結果は検出できなかった。また、HSA遺伝子導入に用いたプラスミドのプライマーを用いたが、ウイルスは検出できなかった。結局、組換え領域から離れた遺伝子のプライマーを用いることで組換えウイルスを検出でき、野生型ウイルスしか検出できないポリヘドリン遺伝子のプライマーも同時に用いてマルチプライマーPCRを行うことで、組換型と野生型を区別して検出することができた。

ウイルスの不活化とPCRでの検出結果は、ホルマリンガス消毒の効果でウイルスが感染力をなくしても、DNAの一部が残ってPCRでは検出され、不活化を確認することはできなかった。高い濃度で長時間処理を行えば検出されなくなるが、過度の噴霧はホルマリン原液に含まれる水分で過湿状態になり、機械類へのダメージも心配されるので実用的ではない。ウイルスは20ppm2時間処理で不活化できるのであるから、ガス濃度測定装置で記録して消毒処理が完了したことを証明するなど、PCR以外の方法でウイルス不活化を確認する方法を検討したい。

蚕病病原の消毒法としては塩素系薬剤やエチレンオキシドガス(2)による消毒法もあるが、塩素系薬剤は金属腐食の影響が大きく、塩素ガス発生危険もある。エチレンオキシドガスは殺虫殺菌効果は高いが、無臭で残留に気づきにくいので、安全に使用するためには、きちんとした排気設備や残留ガスの確認が必須である。ホルマリンは刺激臭が強いことで敬遠されるが、気密性の高い昆虫工場施設では自然排気は期待できないので、刺激臭で残留ガスを確認できることは、かえって安全であろう。それでもホルマリンは人体に

有害であるから、今後はホルマリン以外によるウイルス不活化方法も検討して、昆虫工場でのウイルス封じ込め体系を確立したい。

V. 摘要

1. 多角体から精製したNPVは500ppmのホルマリンガスに1時間暴露しても若干感染性が残ったが、100ppmのホルマリンガスに2時間暴露すると感染性はなくなった。
2. 組換えNPVは150、または300ppmのホルマリンガスに1時間暴露では感染性が残り、20~150ppm2時間処理ではウイルスの感染性はなくなった。
3. 野生型NPVはプライマーNPI7-8の組み合わせでは808bpに、NP3a-4aの組み合わせでは544bpにバンドが現れた。4種のプライマーを混合してPCRを行うと、野生型では808bpと544bpに2本のバンドが現れ、組換え型では808bpのみに1本のバンドが現れた。
4. 野生型NPVはホルマリンガス400ppmに6時間曝露するとPCRで検出されなくなったが、200ppmでは6時間曝露でも検出された。組換えウイルスはホルマリンガスに300ppm4時間曝露してもPCRで検出され、不活化は確認できなかった。

謝辞

本研究の遂行にあたり、高妻和哉氏に随時rHSA-BmNPVを提供して頂いた。ここに厚く感謝の意を表す。

引用文献

1. 古郡義夫・小林敬爾(1983)超微粒子自動噴霧方式による稚蚕人工飼料育施設の消毒法 神奈川蚕七報 11:1-15
2. 池上隆文・蛭原富男(1982)蚕病病原に対するエチレンオキシドのガス消毒について 茨城蚕試報 36:19-25
3. 池上隆文・蛭原富男(1985)超微粒子ホルマリンによる蚕室消毒 I. フォートコンベンションシステムによる消毒 茨城蚕試報 39:29-33
4. 景安聖士・早川徹・伊澤晴彦・浅野真一郎・佐原健・

- 飯塚敏彦・伴戸久徳 (1997)PCR 法を用いたカイコ病原ウイルス遺伝子の検出 日蚕雑 66:447-483
5. Kazuya K., Masao K., and Kunikastu H. (2001) Human serum albumin production in silkworm *Bombyx mori* fourth instar larvae. *Journal of Insect Biotechnology and Sericology* 70:183-188
 6. 木村滋 (2000) 昆虫バイオ工場 工業調査会 110-127
 7. 前田進 (1993) 昆虫ウイルスとバイオテクノロジーサイエンスハウス 53-109
 8. 野口洋子・小林正彦・嶋田透 (1994) ポリメラーゼ連鎖反応による飼育残沙を含めた大量試料からの核多角体病の検出 日蚕雑 63:399-406
 9. 埼玉県農業試験場他 (2000) 大規模超多回育に対応した健全蚕の生産環境管理技術の確立 平成9～11年度新技術地域実用化研究促進事業研究成果報告 49-50
 10. 柳田健郎 (1984) 超微粒子ホルマリンによる消毒試験 I. 移動式噴霧器による消毒試験 埼玉蚕試研報 57:36-41

BULLETIN
OF THE
HORTICULTURAL INSTITUTE,
IBARAKI-AGRICULTURAL CENTER

C O N T E N T S

- Iwao TERAKADO and Fumio SAKUMA:
'Kyoho' Grap, the Actual Conditions and Coutermeasures of Hail Damage just before Flowering Stage and in Berry Enlarging Stage, the Effect of Hail on Subsequent Growth.....1
- Masahito SUZUKI and Kenichi KANEKO:
Relationship between Amount of Irrigation and Growth of Netted Meron (C.melo L.var reticulatus) in a Drip-irrigation system.....9
- Takasi ISHII, Yuko TANAKA, Masahide TAKEI and Tsutomu OYAMADA:
Chemical Fertilizer Substitution Technology using Cattle Dung Compost considering the Nitrogen Fertilizer Effect Rate in the Outdoor Garden Vegetable Crop Rotation Zone.....15
- Takeshi MOTOZU, Tomoyuki KOMAGATA and Tsutomu ICHIMURA:
Practical Potential of Recently Introduced Campanula species.....23
- Tutomu ITIMURA, Takeshi MOTOZU and Seishi TAKAGI:
Studies on the Long Term Cultivation of Carnation by Pruning (III).....32
- Norio KOBAYASHI:
The Disinfection of an Insect Factory by the Super-minute Particle Formalin.....37