

2次元ノンパラメトリック法によるカーネーションの開花予測 (1)

誌名	愛知県農業総合試験場研究報告 = Research bulletin of the Aichi-ken Agricultural Research Center
ISSN	03887995
著者	二村, 幹雄 山口, 徳之 伊藤, 和久
巻/号	28号
掲載ページ	p. 227-232
発行年月	1996年10月

2次元ノンパラメトリック法による カーネーションの開花予測 (第1報)

「フランセスコ」の短期栽培

二村幹雄*・山口徳之**・伊藤和久*

摘要: 開花の予測・診断に基づいた環境制御による、カーネーションの計画生産の実現を目標として、品種「フランセスコ」の短期栽培(1回摘心栽培)で開花予測の可能性を検討した。

開花の予測は、ノンパラメトリック法で環境要因に基づく発育速度(DVR)関数を作成し、それらの積算によって発育指数(DVI)を算出することにより行った。解析する環境要因は気温と日長とし、摘心時のDVIを0、開花時のそれを1と定め、気象的予測モデルを導いた。

カーネーションの開花期をある時期(5月開花)に限定することによって、予測の高精度化を図ることができた。また、異なる温度条件(最低温度5℃と10℃)で栽培しても、予測モデルは適用可能であった。さらに、5月開花で異なる9作型から求めたDVR関数について、その適合度を調査したところ、育苗方法がDVR関数算出時と同一の場合、実際の平均開花日と予測開花日が一致した。したがって、生育途中で生育診断を行い、その診断に基づいて温度制御を行えば、開花期は目標とする時期へと前進あるいは遅延させることが可能と考えられた。

キーワード: カーネーション、開花予測、ノンパラメトリック法、DVI、気温、日長

Prediction of Carnation Flowering Using a Two Dimensional Nonparametric Method I The Short-term Culture of cv. 'Francesco'

Mikio NIMURA, Noriyuki YAMAGUCHI and Kazuhisa ITOH

Abstract: In order to realize the program of carnation production by environmental control based on growth diagnosis, experiments were performed to investigate the possibility of predicting flowering on the short-term culture (single-pinched culture) of cv. 'Francesco'.

The developmental rate, DVR based on environmental factors was computed and flowering was predicted by a developmental index, DVI which was an accumulation of DVR. The DVI value was set to 0.0 at the date of pinching, and 1.0 at the date of flowering. The air temperature and photoperiod were analyzed as environmental factors, and the meteorological prediction model was also calculated.

The precision of prediction was raised by limitation of the flowering period of the carnation *i.e.* May flowering. On the other hand, it was possible to apply the prediction model to plants grown in environments with 5 or 10 °C heating. Furthermore, from the investigation of the compatibility of DVR function which was calculated from 9 cropping types with May flowering, the flowering date could be predicted correctly under the same cuttage conditions with that of DVR function. Therefore, it was considered to be possible to advance or delay the flowering time to the target time by temperature control based on growth diagnosis during the middle period.

Key words: carnation, predicting flowering, nonparametric method, DVI, air temperature, photoperiod

緒 言

カーネーションは、需要と供給のバランスが崩れて価格が大きく変動しやすい切り花である。したがって、必要な時期にまとまった量を計画的に出荷できるよう、目標時期に合わせて開花させる技術の開発が求められている。しかし、カーネーションは量的長日植物のため、質的短日植物の秋ギクあるいは夏秋ギクのように、日長操作だけで確実に開花を調節することは不可能である。また、低温に対する反応も敏感でないため、低温処理による開花調節も困難である。そこで、生育状態と遭遇環境条件から開花を予測することが可能になれば、有益であると考えられる。

カーネーションは、花芽分化に先立ってまず栄養生長期間が必要で、花芽分化が可能なのは、苗生産の良否の他に、光や温度などの栽培条件によって差が生じる。周年作型では、開花が可能となった後は栄養生長と生殖生長とが一つの株の中で同時進行するので、2番花、3番花ではその生育差がさらに大きくなる。開花予測の簡便化・正確化のためには、栄養生長と生殖生長とが同時進行することは操作上問題である。そこで、苗を定植してから摘心後、最初に咲く花のみを収穫する、すなわち短期栽培を前提として開花予測を考える必要がある。

ところで短期栽培については、作型の組み合わせによる周年生産化の研究等が行われ、労働ピークの平均化、収穫及び整枝労力の軽減、作期に適した品種の作付け、長い切り花が収穫できるなど多くの利点がこれまでに明らかにされた^{7, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16)}。しかしながら、開花予測に関する研究例はまだない。

したがって本報は、カーネーションの短期栽培を行い、開花の予測が栽培期間中の環境データの解析によって実現可能か検討したもので、若干の知見を得たので報告する。

材料及び方法

開花の予測には、水稻で実用化が進んでいる生育診断手法⁴⁾を利用した。農業研究センターが開発・公開したノンパラメトリック法DVR解析プログラム「2DIMNON」を用いる方法¹⁸⁾である。この方法は、環境要因に基づいた发育速度 (Developmental Rate, DVR) 関数を算出し、日々の環境データに対応するDVR値の積算によって发育指数 (Developmental Index, DVI) を予測するもので、堀江ら⁵⁾の概念に基づいたものである。この2次元ノンパラメトリック法は、发育が気温と日長等、主として2つの環境要因に支配されている場合の发育ステージ予測に大きな威力を発揮するものと期待されている^{17, 18)}。

解析する環境要因は、カーネーションの生育に最も影響を及ぼすと思われる、日平均気温と日長時間の2要因とした。気温は、データロガーを用いて栽培温室中央の地上約1メートルの温度を1時間ごとに1日24回測定し、その平均値をその日の平均気温とした。日長時間は、当

場における天文日長を用いた。

カーネーションの栽培は、短期栽培を前提とした。供試品種は「母の日」の需要が最も大きい、スタンダード系の赤色花「フランセスコ」を用いた。苗の増殖は、挿し穂の大きさを3節とし、切り口に発根促進剤オキシベロン粉剤を粉衣後、パーライトを充填した育苗箱に挿し、ミスト条件下で発根させた (慣行法)。定植は8株寄せ植え (108株/3.3㎡) で行い、1株3~4本仕立てとした。施肥は、新しいご配合 (5-5-5) を株間に毎月置き肥し、1回当たりの施用量は10aに換算して窒素成分で5kgとした。

カーネーションの发育ステージは、摘心時のDVIを0、開花時のそれを1と定め、開花期を予測するためにDVR関数モデルを導くこととした。

試験1 1年間にわたる作型試験

1つのDVR関数モデルが異なる複数の作型に適用できるか検証した。

短期栽培は作型が異なると遭遇する気象条件も大きく異なる。したがって、1年間にわたる作型試験は、環境要因の季節変動に応じた发育進行の反応を把握するために実施した。

栽培は無加温ガラス室で行い、1992年5月から翌年5月までの奇数月に砂上げ苗を定植し、摘心を20~30日後に行った。供試本数は1区300本とし、全切り花を調査した。

DVR関数モデルは、ノンパラメトリック法DVR解析プログラムを用いて、摘心日・開花日のデータと環境データとからDVR関数をコンピュータで計算し、実測値 (実際の平均開花日) と予測値 (環境データに対応するDVR値の積算から求めた予測開花日、すなわちDVI=1となる時) との誤差が小さくなるように算出した。その際に、いくつかのスムージング・パラメーターの値を用いてDVR関数の推定値を計算し、グラフを描いて最適化を行った。

試験2 定植・摘心時期の期間を限定した作型試験

開花期が5月になるように定植・摘心の期間を限定した作型試験は、環境要因の季節変動が開花予測の精度に大きく影響しないように実施した。

1993年10月から翌年1月まで、ほぼ10日間隔で砂上げ苗を9回定植し、摘心を20日後に行った。供試本数は1区150本とし、全切り花を調査した。そうして、実験1と同様にDVR解析プログラムを用いてDVRをコンピュータで計算し、実測値と予測値との誤差が小さくなるように関数モデルを作成した。その際に、いくつかのスムージング・パラメーターの値を用いて最適化を行った。なお、冬季の最低温度は、5℃と10℃の2処理を設けて試験を行った。

試験3 関数モデルの適合度

試験2で得られたDVR関数 (モデル1) の適合度を調査した。

供試材料は、慣行法で増殖した苗とセル成型苗を用意した。セル成型苗は、128穴と200穴の2種類のセルトレイに調整ピートモスのメトロミックスを充填し、慣行法と同様に挿し芽を行った。挿し芽時期は、セル成型苗が1994年9月8日で、慣行法は9月15日とした。

以上のように前歴の異なる3種類の苗を10月11日に定植、11月1日に摘心し、それらの実際の開花期と予測との誤差を確認した。予測開花日は、試験2で得られたDVR関数(モデル1)を用いて求めた。供試本数は1区150本とし、全切り花を調査した。なお、冬季の最低温度は設定値を10℃とした。

試験結果

試験1 1年間にわたる作型試験

スムージング・パラメーターの最適化を行い、開花の予測誤差が小さいDVR関数から順にモデルA、B、Cとした。作型別の生育開花及び開花の予測誤差の結果は、第1表に示した。開花の予測誤差がすべての試験区で7日以内となるような、DVR関数のモデルは得られな

かった。いずれのモデルにおいても、4月に摘心した試験区は7日以上予測誤差、8月に摘心した試験区は6日以上予測誤差が生じた。

到花日数と摘心時期との関係は、摘心後に5~7月の長日及び高温条件を経過する試験区は到花日数が短く、6月5日摘心区では80日であった。逆に、摘心後に12~1月の短日及び低温条件を経過する試験区は到花日数が長く、10月10日摘心区では210日であった。

節数と摘心時期の関係は、摘心後に日長が長くなる2~6月上旬の期間に摘心した試験区では花芽分化が促進されて節数が少なく、2月15日摘心区は12.3節であった。一方、摘心後に日長がさらに短くなってゆく10月15日摘心区は、花芽分化が最も遅れて18.0節となった。

切り花長は、2~6月に摘心した試験区が80cm前後、8~12月に定植した試験区は1m近く伸び、節数と比例関係がみられた。

試験2 定植・摘心時期の期間を限定した作型試験

5月開花のためのカーネーションの生育開花及び予測モデルの誤差の結果は、第2表に示した。開花の予測誤

Table 1. Growth and flowering of carnation grown in non-heating condition at 7 cropping types, and errors of prediction models.

Treatments	Date of planting	Date of pinching	Average date of flowering	No. of days after pinching to flowering	Cut flower length (cm)	No. of nodes	Presumptive errors of flowering prediction (days)		
							model A	model B	model C
1	17-May-92	5-Jun-92	24-Aug-92	80	79.2	12.7	1.9	2.8	3.7
2	17-Jul	5-Aug	7-Dec	124	96.0	14.6	6.9	6.8	6.2
3	15-Sep	10-Oct	8-May-93	210	96.8	18.0	-3.1	-1.2	-0.2
4	15-Nov	15-Dec	6-Jun	173	98.5	14.9	0.4	0.3	-0.1
5	15-Jan-93	15-Feb-93	25-Jun	130	86.4	12.3	0.9	0.0	1.6
6	15-Mar	15-Apr	19-Jul	95	80.7	12.9	*	*	*
7	15-May	10-Jun	9-Sep	90	87.0	14.0	-1.5	-1.3	-2.1

1) *: The treatment which has over 7 days error

2) Model A, B and C are three of many computed DVR function models, and they have smaller presumptive errors than others.

Table 2. Growth and flowering of carnation grown at 9 cropping types on May production, and errors of prediction models.

Heating temperature (°C)	Date of cutting	Date of planting	Date of pinching	Average date of flowering ±SD	No. of days after pinching to flowering	Cut flower length (cm)	No. of nodes	Presumptive errors of flowering prediction (days)			
								mode 1	model 2	model 3	
5	1	10-Sep	10-Oct	1-Nov	18-May ± 8	198	83	14.4	-2.6	-0.4	-1.9
	2	20-Sep	20-Oct	10-Nov	21-May ± 6	192	86	14.9	-3.2	-1.4	-1.3
	3	29-Sep	1-Nov	20-Nov	22-May ± 5	183	88	14.3	-0.1	3.3	3.4
	4	12-Oct	10-Nov	1-Dec	25-May ± 5	175	87	13.7	-0.7	1.3	1.3
	5	21-Oct	20-Nov	10-Dec	26-May ± 6	167	85	13.7	0.3	1.3	1.3
	6	1-Nov	1-Dec	20-Dec	27-May ± 6	158	82	13.3	1.8	2.1	2.1
	7	10-Nov	10-Dec	2-Jan	28-May ± 6	146	84	12.4	4.3	5.0	5.1
	8	20-Nov	20-Dec	10-Jan	2-Jun ± 8	143	84	12.7	0.9	3.2	3.3
	9	30-Nov	2-Jan	20-Jan	7-Jun ± 8	138	84	13.4	-4.2	-1.8	-1.2
10	1'	10-Sep	10-Oct	1-Nov	8-May ± 17	188	83	16.0	-1.7	-3.7	-3.6
	2'	20-Sep	20-Oct	10-Nov	9-May ± 12	180	84	15.8	-0.6	1.2	1.3
	3'	29-Sep	1-Nov	20-Nov	10-May ± 11	171	88	15.2	0.1	4.2	4.2
	4'	12-Oct	10-Nov	1-Dec	17-May ± 10	167	80	14.4	-1.1	-0.9	-1.0
	5'	21-Oct	20-Nov	10-Dec	20-May ± 9	161	74	13.3	-3.7	-0.8	-0.8
	6'	1-Nov	1-Dec	20-Dec	21-May ± 10	152	84	14.2	0.9	2.3	2.3
	7'	10-Nov	10-Dec	2-Jan	22-May ± 8	140	82	13.3	2.8	3.2	3.2
	8'	20-Nov	20-Dec	10-Jan	27-May ± 8	137	84	13.2	-1.7	-1.9	-2.0
	9'	30-Nov	2-Jan	20-Jan	31-May ± 7	131	82	13.2	-2.6	-2.8	-2.7

Model 1, 2 and 3 are three of many computed DVR function models, and they have smaller presumptive errors than others.

差が小さいDVR関数から順にモデル1、2、3とした。今回のように定植・摘心時期を限定したところ、モデル1の場合にはすべての試験区で開花の予測誤差が4日以内となった。さらに、モデル1が最小の誤差で、試験区全体の予測推定誤差は2.3日となった。このように、作型を5月開花に限定すると、予測の高精度化を図ることが可能となった。

また、冬季の最低温度は5℃と10℃の異なる条件であっても関数モデルの適用が可能であった。10℃条件は、5℃条件よりも6～12日の範囲で開花が促進された。

平均開花日には標準偏差を併記したが、この値からは最低温度が10℃条件よりも5℃条件で開花が揃うことが

Average daily temperature (°C)	Temperature DVR	Photoperiod (hr)	Photoperiod DVR
7.0	0.001714	8.0	-0.000177180
7.5	0.001801	8.5	-0.000846360
8.0	0.001887	9.0	-0.001338370
8.5	0.001973	9.5	-0.001476010
9.0	0.002060	10.0	-0.001082110
9.5	0.002148	10.5	-0.000070982
10.0	0.002239	11.0	0.001322880
10.5	0.002342	11.5	0.002849950
11.0	0.002470	12.0	0.004353460
11.5	0.002638	12.5	0.005920530
12.0	0.002848	13.0	0.007480050
12.5	0.003099	13.5	0.008961050
13.0	0.003388	14.0	0.010391900
13.5	0.003709	14.5	0.011822800
14.0	0.004025	15.0	0.013253700
14.5	0.004308		
15.0	0.004537		
15.5	0.004710		
16.0	0.004822		
16.5	0.004869		
17.0	0.004835		
17.5	0.004717		
18.0	0.004508		
18.5	0.004198		
19.0	0.003777		
19.5	0.003244		
20.0	0.002608		
20.5	0.001879		
21.0	0.001067		
21.5	0.000181		
22.0	-0.000775		
22.5	-0.001792		
23.0	-0.002857		
23.5	-0.003945		
24.0	-0.005041		
24.5	-0.006138		
25.0	-0.007234		

Fig. 1. DVR function for May production of carnation (model 1).

読みとれた。

摘心後の到花日数については、摘心時期が11月1日から1月20日の範囲では時期が遅いと到花日数が少なかった。切り花長は、試験区間で大きな差異が認められなかった。節数は、摘心時期が遅い区ほど少ない傾向がみられた。また、節数は冬季最低温度の影響を受けるようで、10℃条件は5℃条件よりも節数がやや多い傾向を示した。

5月開花におけるDVR関数（モデル1）は、気温及び日長とDVR値との関係を第1図に示した。栽培温室内で測定した1993年11月1日から翌年6月7日までの気温とその間の日長を用い、前者の刻みを0.5℃、後者の刻みを0.5時間として解析したものである。

試験3 関数モデルの適合度

育苗方法の違いと生育開花及び開花予測の結果は第3表に示した。平均開花日は、育苗方法別にみると慣行法（パーライトに挿し芽）の場合、平均開花日は予測開花日と一致した。この予測開花日は、前記の関数モデル1で得られたDVRを使用して、日々の環境データに対応するDVR値を積算することから導き出したものである。一方、セル成型トレーで育苗した場合は、開花が予測より7日以上早まった。

切り花長及び節数は、200穴セル区でやや小さい値となった程度で、大きな差は認められなかった。

日々の環境データに対応する摘心時からのDVR値の積算、つまりDVI値、それに日平均気温の積算値の推移は第2図に示した。日平均気温の積算値はほぼ直線的に推移した。一方、DVI値は2月まで変化が緩やかで、3月から急激に増加した。

考 察

カーネーションの開花の予測・診断に向けた生育モデルを作成するに当たり、機構モデルまたは統計モデルがその方法として考えられる。

機構モデルは、生育と気象環境との生理生態的な因果関係が数量的に明らかにされた場合に限り、その関係を用いて作成することが可能で、非常に普遍性の高いモデルとなる。しかし、このモデルの構築には専門的な知識とともに多くの労力が必要である。

Table 3. Influence of different cuttings on growth and flowering of carnation, and errors of prediction models.

Cuttages	Date of cutting	Date of planting	Date of pinching	Average flowering date ± SD	Predicted flowering date	Cut flower length (cm)	No. of nodes
128 cells tray	8-Sep	11-Oct	1-Nov	5-May ± 10	12-May	88	15.1
200 cells tray	8-Sep	11-Oct	1-Nov	1-May ± 14	12-May	83	14.5
usual way	15-Sep	11-Oct	1-Nov	12-May ± 10	12-May	88	15.2

1) Cell tray was filled with Metromix (a blend of Canadian peat, vermiculite, perlite, and so on).

2) Cutting bed of usual way was filled with perlite.

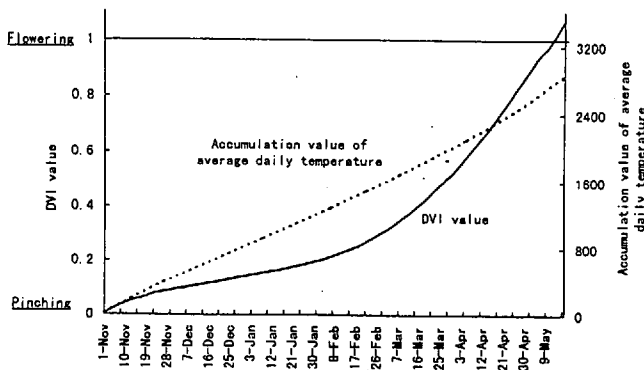


Fig. 2. Changes of DVI value and accumulation value of average daily temperature.

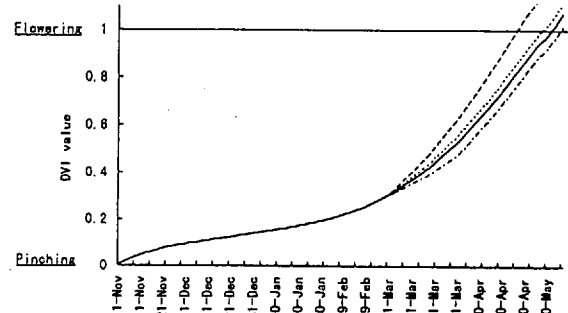


Fig. 3. Simulations of DVI value by temperature and photoperiod.

一方、統計モデルは、蓄積された生育データとそのデータが得られた期間の気象変動との因果関係（回帰関係）を何らかの方法で見だし、この関係によって植物の生育経過を予測する。すなわち、発育速度と気象環境とが何らかの因果関係にあると仮定して、多項式やロジスティック関数のようなパラメトリックな関数関係を仮定するものである。最近、こうした仮定をしないで発育と環境との関係を決定する、統計モデルの1種であるノンパラメトリック法が開発・提案された。

このノンパラメトリック法は、特定の関数形に縛られないので、植物の発育と環境とがどのような関係にあっても適用可能である。植物と環境要因との関係は複雑で、単純な関数形に無理に帰着させると予測誤差が大きくなる。しかしこの方法は、より弱い仮説を用いた推定が可能のため、さらに精度の高い発育ステージの予測が可能である^{17, 18)}。そこで、このノンパラメトリック法を用いてカーネーションの生育モデルを作成しようとした。

カーネーションの生育開花にとって、温度、日長は最も大きな影響を及ぼす^{1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 19, 20)}。したがって、この2要因を用いて開花予測を行った。

1年間に渡る作型試験では、すべての試験区で予測誤差が7日以内となるような、DVR関数のモデルは得られなかった。この最大の原因は、気温、日長に対する反応が季節によって一様でないことによると考えられる。たとえば、6月上旬と下旬の定植では、到花日数、開花揃いに数ヶ月の差が生じる^{7, 20)}。これは、カーネーションに対する光周性の影響及びカーネーションにとっては異常に高い夏の高温が関与しているためと考えられる。その他、解析した環境要因（気温と日長）以外の要因の季節的変動も影響しているものと推察される。この点については、Abou Dahabがカーネーションは光線が強いほど花芽の形成は順調に進むとしている¹⁾ことから、日射量もその原因の1つであろう。

このように、1つの発育モデルで、開花期が大きく異なる作型の開花を予測することは不可能と考えられる。このようなカーネーションの特性を関数モデルにどう反映させるかが大きな課題である。

そこで、開花期を5月開花に絞るために、定植及び摘心時期を限定して作型試験を行い、新たにDVR関数モ

デルを作成したところ、すべての試験区で開花の予測誤差は4日以内となった。この結果から、開花期を限定することによって予測の精度が高まることが明らかとなった。さらに、冬季の最低温度が5℃と10℃の異なる温度条件であっても関数モデルの適用が可能で、10℃条件は5℃条件よりも、作型によって6日から12日の範囲で開花が促進された。このことから、暖房機を利用した温度操作によって、目標とする時期に開花期を前進あるいは遅延させることが可能と考えられる。

試験2で得られたDVR関数（モデル1）の適合度を、前歴の異なる苗を用いて調査したところ、DVR関数算出時と同じ育苗方法による試験区では、平均開花日と予測開花日は一致した。しかし、異なる方法ではズレが生じるので、これは、挿し芽から定植までの期間の違いや、セル成型苗か否かによる定植時の活着の良否の差が、摘心後の萌芽や生育に影響したものと考えられる。

作型をある程度限定してDVRの決定を行い、DVR決定時と同じ条件の育苗方法や栽培管理を行うことで、開花の予測は正確なものとなる。したがって、開花の予測を高い精度で行おうとする場合、解析する環境要因以外の要因は、DVR関数決定時の条件にできるだけ近づけておくことが重要と考えられる。こうした点に留意してDVI値を活用すれば、生育途中での開花予測が可能となろう。生育診断に基づいた開花時期の調節方法は、具体的な例としては、生育途中で第2図のDVI値と比較してそれが小であれば暖房温度を上げ、大であれば暖房温度を下げるということになる。その操作をグラフ化したのが第3図である。ここには、暖房温度を上下させる操作の他に、3～4月の期間は電照により日長時間を1時間増加させる場合のシミュレーションも加えてあるが、DVR関数に対する日長操作の影響は調査していないので、今後その調査が必要である。

今後検討が必要と思われる課題は、①開花揃いの向上（開花期間の短縮）、②スプレー品種への適用、③周年栽培への対応、④スタート（DVI=0）を生育のどの段階にするかが列挙される。

①は、開花予測を十分に有効なものとするために必要な課題である。その解決方法は、無摘心栽培や苗の低温処理による花芽分化時期の同時化がその対策として当面

は考えられる。一方、短日期における長日処理は開花促進に非常に効果があるので、電照による日長操作も今後検討する必要がある。

②の解決については、スタンダード系が主枝の頂花1輪のみを咲かせ、側枝や側蕾を摘み取るのと比較し、スプレー系は主枝の頂花蕾を摘除し、側枝花蕾を開花させるので、頂花蕾の摘除時期あるいは着蕾数の多寡が切り花収穫時期に影響を及ぼすことが考えられる¹⁰⁾。そこで、DVR関数モデルへの着蕾数や頂花蕾摘除の影響を明らかにする必要がある。その結果次第では、DVI=0とする時期の検討も必要となる。

③は、1番花については摘心時期をDVI=0とする方法である程度予測可能と思われる。しかし、その後開花するものについては予測不可能である。したがって、2番花以降については、関数モデルを群落に当てはめ、群落の開花ピークについて予測を行えば、有用性が高いと思われる。

④については、②、③においても問題として取り上げた。この問題は、花芽分化後をスタートとし、具体的には蕾が肉眼で確認でき、蕾の径が測定できる程度の一定の大きさに達した時点、すなわち発蕾期以降を、スタートに設定すれば解決可能と考えられる。あるいは、一定の大きさの蕾に対して、DVI=0としてDVR関数を新たに算出しないでも、例えばDVI=0.5のように、ある一定の大きさの蕾に対して一定のDVI値が与えられることでも解決は可能となろう。

ところで、生産者がこの技術を実際に現場で利用する場合、「母の日」を目標とするならば、第3図に示したように、開花時期の調節は予定する出荷時期より2ヶ月程度前からできると思われる。その場合、発蕾期以降の蕾の発達とDVI値の推移を把握しておく必要がある。そこで、カーネーションの生育とDVI値とを対応させるため、蕾径を蕾発達の指標として、DVI値との関係を現在調査中である。

引用文献

1. Abou Dahab, A. M. Effect of light and temperature on growth and flowering of carnation. Meded. Landb. Hogesch. Wargeningen 67-13(1967)
2. Cheng, L. H. and R. W. Langhans Floral initiation, development, and associated phenomena of *Dianthus caryophyllus* L. Part 1 Effect of photoperiod. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(4), 504-509(1971)
3. Daniel E. Eltzroth and Conrad B. Link The influence of light during vernalization on the flowering response of *Ajuga* and *Dianthus*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(1), 95-98 (1970)
4. 濱田千裕ら。水稻の生育予測診断技術（第3報）発育速度の概念に基づく発育ステージ予測システムの試作。愛知農総試研報。23, 67-81(1991)
5. 堀江 武, 中川博視。イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究（第1報）モデルの基本構造とパラメーターの推定法および出穂予測への適用。日作紀。59(4), 687-695(1990)
6. 堀川法隆。カーネーションの計画生産に関する研究（第5報）電照時期及び期間と長日処理方法が開花期に及ぼす影響。香川農試研報。34, 6-10(1982)
7. 細谷宗令, 林 角郎。温室カーネーションの作型に関する研究（第1報）短期栽培法における植え付け時期が開花期及び切り花品質に及ぼす影響。千葉暖地園試研報。8, 17-26(1977)
8. 細谷宗令, 林 角郎。温室カーネーションの作型に関する研究（第2報）短期栽培における栽植密度が開花期及び切り花品質に及ぼす影響。千葉暖地園試研報。9, 21-30(1978)
9. Jhonson, C. R. and J. R. Haun Interaction of soil temperature and daylength on growth and flowering of carnations. Hort. Sci. 7(4), 414-416 (1972)
10. 國本忠正, 前平奈美。スプレーカーネーションの生育、開花に関する研究（第2報）摘蕾時期が開花に及ぼす影響と開花特性の品種間差。大分温熱花試研報。3, 13-23(1993)
11. 酒井広蔵, 小島 元。スプレーカーネーションの無摘心栽培（第1報）挿し穂の種類、性状と生育開花。愛知農総試研報。19, 242-248(1987)
12. 酒井広蔵, 小島 元。スプレーカーネーションの無摘心栽培（第2報）挿し穂冷蔵、電照及び栽植密度の影響。愛知農総試研報。20, 293-299(1988)
13. 酒井広蔵, 小島 元, 浅野峯男。短期栽培の組み合わせによるカーネーション周年生産（第1報）仮植苗の育苗方法。愛知農総試研報。21, 217-224(1989)
14. 酒井広蔵, 浅野峯男, 高松美智則。短期栽培の組み合わせによるカーネーション周年生産（第2報）仮植苗の育苗密度、栽植方式及び定植方法について。愛知農総試研報。22, 191-198(1990)
15. 酒井広蔵, 浅野峯男, 高松美智則。短期栽培の組み合わせによるカーネーション周年生産（第3報）仮植苗の低温処理と生育開化。愛知農総試研報。23, 219-225(1991)
16. 酒井広蔵, 高松美智則, 山口徳之。短期栽培の組み合わせによるカーネーション周年生産（第4報）電照による開花促進及びエレクトロニクスによる茎質改善。愛知農総試研報。25, 243-249(1993)
17. 田村良文。作物の新しい発育ステージ予測法—ノンパラメトリック法の紹介—。農および園。64(9), 1043-1048(1989)
18. 田村良文, 竹澤邦夫, 土居健一。作物の新しい発育ステージ予測法〔2〕—2次元ノンパラメトリック法の紹介—。農および園。65(2), 285-289(1990)
19. 浦野永久, 浅野昭。カーネーションの母の日出荷栽培における長日処理・夜温管理方法が開花に及ぼす影響。茨城農総セ園研報。3, 54-58(1995)
20. 米村浩次, 大石一史, 大須賀源芳。スプレーカーネーションの定植時期と日長条件の違いが生育、開花に及ぼす影響。愛知農総試研報。13, 235-242(1981)