

## 四季成り性イチゴの周年栽培下での生育特性の解明

中西達郎・植木正明<sup>1)</sup>・豊田明奈<sup>2)</sup>・永嶋麻美<sup>3)</sup>・畠山昭嗣

**摘要** : 本研究は、四季成り性イチゴを用いた周年栽培体系の確立を図るため、その基礎的な調査として、四季成り性イチゴの開花特性ならびに促成栽培および周年栽培下での生育、収量を明らかにすることを試みた。第一に、四季成り性品種であるなつおとめ、とちひとみ、サマープリンセスおよびサマーティアラを用いて、促成栽培における育苗時の環境要因が開花に及ぼす影響を検討した。採苗時期は6月中旬および7月中旬とし、育苗時の日長、窒素施肥量を変えて、定植後の各花房の開花日を調査したところ、第1および第2花房の開花日はなつおとめ、とちひとみ、サマープリンセスでは6月中旬採苗の方が早かった。第二に、日長条件を24時間とし、採苗時期と温度が各花房の開花に及ぼす影響を検討したところ、各花房の開花株率は、採苗時期が早い方が高く、温度は最も高い昼温35℃/夜温30℃で極端に低くなり、この傾向は第2花房以降の開花株率に顕著に認められた。第三に、四季成り性品種サマーティアラ、みやざきなつはるか、あわなつか、サマーフェアリーおよびなつおとめの促成栽培における生育、収量、果実品質を調査したところ、供試した四季成り性品種の収量はいずれも一季成り性品種のなつおとめより多収となった。果実品質は、食味、果実硬度で、いずれの品種もなつおとめより劣ることが認められた。第四に、なつおとめを周年栽培したところ、クラウン部冷却により年内の開花花房数、収量性が向上した。また、定植時期を4月下旬としクラウン部冷却を行い14か月間収穫すると、収量は10a当たり13.7t得られた。

**キーワード** : 育苗時環境要因, 果実品質, クラウン部冷却, 採苗時期, 促成栽培

## Elucidation of the Growth Characteristics of Everbearing Strawberry under Year-Round Cultivation

Tatsuro NAKANISHI, Masaaki UEKI, Akina TOYODA, Asami NAGASHIMA, Akitugu HATAKEYAMA

**Summary**: In this study, we aimed to establish a year-round cultivation system using the everbearing strawberry, which could then be used for basic research to study its growth and flowering characteristics, as well as to determine the effects of its forced year-round cultivation on the yield. First, the effects of environmental factors at the time of raising seedlings in forcing culture on flowering were studied using the everbearing varieties Natsuotome, Tochihitomi, Summerprincess, and Summertiarra. Runner cutting time (between mid-June and July), day length, and nitrogen fertilization, were examined on how they affect the flowering date of each floral clusters after planting. Flowering of the first and second floral cluster in Natsuotome, Tochihitomi, and Summerprincess varieties occurred early in those plants that underwent runner cutting in mid-June. Next, we investigated the effects of runner cutting time and temperature on inflorescence flowering when day length conditions were set for 24 hours. The extent of flowering of each strains floral clusters was higher when runner cutting was early. The temperature becomes extremely low in the ward of the highest 35 °C/30 °C, this trend was clearly observed in the flowering strain rate of the second flower cluster later. We investigated yield and fruit quality in the everbearing varieties, Summertiarra, Miyazakinatsuharuka, Awanatsuka, Summerfairly, and Natsuotome and compared these parameters with those of the junebearing variety Tochiotome. The everbearing varieties resulted in a higher yield but lower quality of fruit taste, and hardness than the Tochiotome. Lastly when Natsuotome was cultivated year-round, we found that crown-cooling improved yield properties. In addition, when the crown-cooling was performed from the planting season in the end of April until harvest 14 months later we obtained a yield of 13.7t per 10a.

**Key words** : crown-cooling, environmental factors at the time of seedling, forcing culture, fruit quality, runner cutting date

1) 現栃木県塩谷南那須農業振興事務所, 2) 現栃木県下都賀農業振興事務所, 3) 現栃木県芳賀農業振興事務所

## I 緒言

イチゴは栃木県の園芸を代表する作物であり、作付け面積は 605ha、収穫量は 26000 t、産出額 250 億円(農林水産省統計情報(平成 25 年産))で、全国一位の産地となっている。本県におけるイチゴ栽培は、1985 年に育成された女峰(赤木ら, 1985)の普及により、作型が半促成栽培から促成栽培へと転換し、現在では促成用品種として開発されたとちおとめ(石原ら, 1996)が作付けされ、11 月上旬から翌年の 6 月上旬まで長期にわたって食味のよい高品質な「とちぎいちご」として出荷されている。さらに、高級ギフト用などとして、極めて大果で果実の外観に優れる栃木 i 27 号「商標名: スカイベリー」(重野ら, 2015)を育成し、「いちご王国」の生産基盤強化を図っている。

また、夏秋期のイチゴの端境期に収穫が可能な四季成り性品種のとちひとみ(植木ら, 2006)を育成し、2011 年には、とちひとみより多収で外観が優れるなつおとめ(小林ら, 2015)を新たに育成して普及拡大を図っている。これにより、現在栃木県においては、一季成り性品種を用いた促成栽培と四季成り性品種を用いた夏秋どり栽培により、高品質なイチゴの周年供給体制が構築されている。

一方、産地のイチゴ経営においては、販売単価の低迷や資材費の高騰が収益性の悪化を招いている。また、収穫や管理作業の集中する時には労働時間が長くなるなど労働負荷が大きくなることも課題であり、高年齢化とともに担い手不足の要因ともなっている。このため、より省力的で生産性が飛躍的に優れる新品种・新技術の開発が強く求められている。

これまでの育種研究では、前述のとおりとちおとめに代表される促成栽培用として一季成り性品種の開発ならびになつおとめなどの夏秋どり栽培用として四季成り性品種の開発を行ってきた。また、栽培法を含め生産面での改善を図ってきたが、10 a 当たりの労働時間が 2000 時間を越える現在の栽培体系を革新的に変え得る品種および栽培法の開発には至っていない。そこで、このような課題に対する一方策として、花芽分化促進処理を省略できる四季成り性品種による周年栽培により、省力化ならびに生産性の飛躍的向上を図るための「次世代型品種」の開発を進めるために、温度、日長、施肥量、採苗時期等の環境要因が四季成り性品種の開花に及ぼす影響ならびに周年栽培における四季成り性品種の生育、収量、果実品質について調査したので、ここに報告する。

## II 環境要因等が四季成り性品種の開花に及ぼす影響

はじめに

四季成り性品種は高温長日条件でも花芽分化するため、一季成り性品種で行われている花芽分化促進処理を行わなくても、促成栽培において 9 月上旬、あるいはそれ以前の定植が可能と考えられる。しかし、四季成り性品種においても、高温条件では花芽分化が抑制されると報告されており(泰松, 1993; 矢野ら, 2014)、8 月下旬に定植した場合、第 1 花房の発生が遅れ、年内収量が低くなることが確認されている(植木ら, 2012)。そこで、本実験では促成栽培における育苗時の環境要因が四季成り性品種の開花に及ぼす影響を調査した。

### 1. 実験1 採苗時期ならびに育苗時の日長、窒素施肥量が四季成り性品種の開花に及ぼす影響

#### 1) 材料および方法

実験は栃木県農業試験場いちご研究所内の温室で実施した。

供試品種は、なつおとめ、とちひとみ、サマープリンセスおよびサマーティアラの 4 品種、採苗時期は 6 月中旬(採苗日: 6 月 11 日)と 7 月中旬(7 月 11 日)の 2 水準とし、育苗中(6 月中旬採苗では 6 月 27 日から、7 月中旬採苗では 7 月 27 日から 9 月 19 日)の日長は自然日長、16 時間、24 時間の 3 水準、育苗時の窒素施肥量は 100mg/株と 200mg/株の 2 水準として、品種、採苗時期、日長および窒素施肥量を組み合わせた計 48 処理区を設けた。

採苗処理は 6 月中旬区では 2012 年 6 月 11 日、7 月中旬区では 7 月 11 日に行い、鹿沼土とくん炭の混合培土(割合 3:1)を充填した 24 穴セルトレイへ仮植した。日長処理は電球型蛍光灯(Panasonic 社製、パルクボールプレミア EFG15EL/10H2 電球色)を用い、日長時間が 16 時間および 24 時間となるように点灯した。窒素施肥処理は錠剤型肥料(オーケー産業株式会社製、スーパータブレット 50RT)を用い、窒素成分で株当たり 20 ~ 40mg を月 1 回施用した。仮植後約 2 週間は雨よけハウスで管理し、6 月中旬区は 6 月 27 日に、7 月中旬区は 7 月 27 日に硬質フィルム展張ハウスへ搬入し、同時に日長、施肥処理を開始した。処理期間中の温度管理(昼温(6 時から 18 時)/夜温(18 時から 6 時))は 35 °C/25 °C となるように管理した。処理は 9 月 19 日まで行い、同日のうちに、PO フィルムを展張したパイプハウスに畝幅 120cm、株間 18cm の 2 条高畝に定植した。本ぼの施肥量は a 当たり成分で窒素

2.0kg, リン酸 2.5kg, 加里 1.5kg とし, 全量を基肥として施用した. 保温は 10 月 29 日から開始し, 昼温 25℃, 最低夜温 8℃として 2 月末まで管理した. 調査は, 育苗期間中の開花花房数ならびに本ぼ定植後の第 1 花房および第 2 花房の開花日について 2 月 28 日まで 1 処理区当たり 15 株を対象とし行った.

## 2) 結果

各要因と育苗時の開花花房数, 第 1 花房開花日および第 2 花房開花日の関係を第 1 表に, 各品種における処理の影響を第 2 表に示した. 育苗時の開花花房数は品種間ではとちひとみで 2.6 本と最も多く, 次いでサマープリンセスで 1.3 本, なつおとめで 1.2 本, サマーティアラで 1.1 本となった. 採苗時期間では 6 月中旬区が 7 月中旬区より多く, 日長, 窒素施肥量間では差がみられなかった. 品種ごとにみると, いずれの品種も採苗時期は 6 月中旬区で多かった. なつおとめ, とちひとみ, サマーティアラでは日長, 窒素施肥量で大きな差はみられなかったが, サマープリンセスでは日長は自然日長区でやや多かった. 第 1 花房の開花日は品種間ではなつおとめとサマープリンセスで早く, 次いでサマーティアラ, とちひとみの順となった. 採苗時期間では 6 月中旬区が 7 月中旬区より早く, 日長間, 窒素施肥量間では差がみられなかった. 品種ごとにみると, なつおとめでは採苗時期は 6 月中旬区で早く, 日長で大きな差はなく, 窒素施肥量は 200mg/株区で 100mg/株区より 8 日早かった. とちひとみでは採苗

時期は 6 月中旬区で早く, 日長は 16 時間区でやや早く, 窒素施肥量で大きな差はみられなかった. サマープリンセスでは採苗時期は 6 月中旬区で早く, 日長では 16 時間区で遅く, 窒素施肥量では 100mg/株区で早かった. サマーティアラでは, 採苗時期は 6 月中旬区でやや遅く, 日長, 窒素施肥量とも大きな差はみられなかった. 第 2 花房の開花日は, 品種間ではなつおとめで最も早く, 次いでサマープリンセス, サマーティアラ, とちひとみの順となった. 採苗時期間では 6 月中旬区で 7 月中旬区より 7 日早く, 日長間では自然日長区でやや早く, 16 時間区と 24 時間区で同程度で, 窒素施肥量間では差はみられなかった. 品種ごとにみると, なつおとめでは, 採苗時期は 6 月中旬区で早く, 日長では 16 時間区でやや早く, 窒素施肥量では大きな差はみられなかった. とちひとみでは, 採苗時期では 6 月中旬区で早く, 日長は 24 時間区で遅く, 窒素施肥量で大きな差はみられなかった. サマープリンセスでは採苗時期は 6 月中旬区, 窒素施肥量は 100mg/株区でやや早く, 日長は 16 時間区で遅かった. サマーティアラでは採苗時期, 窒素施肥量で大きな差はなく, 日長は自然日長区で早かった. なお, 第 2 花房の開花株率はサマーティアラ-6 月中旬-24 時間-100mg/株区, とちひとみ-7 月中旬-自然日長-100mg/株区および同一・200mg/株区の 3 処理区で 100%に達しなかった.

第1表 各要因が育苗時の開花花房数ならびに定植後の開花日に及ぼす影響

要因	水準	育苗時開花花房数 本/株	第 1 花房開花日 <sup>1</sup>	第 2 花房開花日 <sup>1</sup>
			月/日	月/日
品種	なつおとめ	1.2	12/4	1/13
	とちひとみ	2.6	1/2	2/2
	サマープリンセス	1.3	12/3	1/20
	サマーティアラ	1.1	12/12	1/23
採苗時期	6月中旬	2.1	12/8	1/18
	7月中旬	1.0	12/18	1/25
日長	自然	1.5	12/12	1/19
	16時間	1.5	12/13	1/23
	24時間	1.6	12/14	1/24
窒素施肥量	100mg/株	1.5	12/12	1/23
	200mg/株	1.6	12/14	1/21

注 1. 開花日は, 処理区の株が 100%開花した日付の平均値.

第2表 採苗時期、日長および窒素施肥量が各品種の育苗時の開花花房数ならびに定植後の開花日に及ぼす影響

品種	要因	水準	育苗時開花花房数	第 1 花房開花日 <sup>1</sup>	第 2 花房開花日 <sup>1</sup>
			本/株	月/日	月/日
なつおとめ	採苗時期	6月中旬	1.4	11/29	1/5
		7月中旬	0.9	12/9	1/20
	日長	自然	1.1	12/5	1/17
		16時間	1.2	12/1	1/9
		24時間	1.2	12/6	1/12
	窒素施肥量	100mg/株	1.1	12/8	1/11
200mg/株		1.2	11/30	1/9	
とちひとみ	採苗時期	6月中旬	4.0	12/22	1/26
		7月中旬	1.2	1/13	2/13
	日長	自然	2.7	1/3	1/26
		16時間	2.6	12/29	1/28
		24時間	2.5	1/5	2/11
	窒素施肥量	100mg/株	2.5	12/31	2/4
200mg/株		2.7	1/4	1/31	
サマープリンセス	採苗時期	6月中旬	1.8	11/29	1/18
		7月中旬	0.8	12/8	1/23
	日長	自然	1.5	11/21	1/17
		16時間	1.1	12/8	1/26
		24時間	1.3	11/28	1/17
	窒素施肥量	100mg/株	1.3	11/25	1/17
200mg/株		1.3	12/12	1/24	
サマーティアラ	採苗時期	6月中旬	1.3	12/15	1/25
		7月中旬	0.9	12/9	1/21
	日長	自然	1.0	12/9	1/17
		16時間	1.1	12/13	1/28
		24時間	1.3	12/13	1/25
	窒素施肥量	100mg/株	1.0	12/13	1/25
200mg/株		1.2	12/11	1/21	

注 1. 開花日は、処理区の株が 100%開花した日付の平均値。

## 2. 実験2 採苗時期と温度の違いが四季成り性品種の開花に及ぼす影響

### 1) 材料および方法

実験は栃木県農業試験場いちご研究所内の温室で実施した。

供試品種はなつおとめ、とちひとみ、サマープリンセスおよびみやぎきなつはるかの 4 品種とした。採苗時期は 5 月中旬(採苗日 5 月 20 日)と 6 月中旬(同 6 月 12 日)の 2 水準とし、育苗中(活着後から 9 月 30 日)の温度管理について(昼温(6 時から 18 時)/夜温(18 時から 6 時))25℃/20℃, 30℃/25℃, 35℃/30℃の 3 水準として、品種、採苗時期、温度を組合せた計 24 処理区を設けた。

採苗処理は 5 月中旬区は 2013 年 5 月 20 日、6 月中旬区は 6 月 12 日に行い、鹿沼土とくん炭の混合培土(割合 3:1)を充填した直径 12cm ポリポットへ仮植した。施肥は錠剤型肥料を用い、窒素成分で株当たり

40mg を月 1 回施用した。仮植後は、雨よけハウスで管理し、5 月中旬区は 6 月 3 日に、6 月中旬区は 6 月 26 日に硬質フィルムを展張した温室へ搬入し、同時に温度処理を開始した。また各処理区とも日没から日の出まで電照を行い 24 時間日長とした。調査は、各花房の開花日について 9 月 30 日まで 1 処理区当たり 24 株を対象とし行い、開花株率を算出した。

### 2) 結果

各要因と各花房の開花株率の関係を第 3 表に、各品種における採苗時期と温度が各花房の開花株率に及ぼす影響を第 4 表に示した。第 1 花房の開花株率は、品種間ではとちひとみのみ 100%となり、他の品種ではわずかに 100%に至らなかった。採苗時期間では 5 月中旬区で 100%となり、6 月中旬区では 96.7%であった。温度間では 25℃/20℃区、30℃/25℃区で 100%となり、35℃/30℃区では 95.0%であった。品種ごとにみると、なつおとめ、サマープリンセス、みやぎき

なつはるかでは6月中旬区および、35℃/30℃区で100%に至らなかった。第2花房の開花株率は品種間ではとちひとみが75.2%と最も高く、次いでサマープリンセスの62.8%、みやざきなつはるかの55.6%、なつおとめの51.1%の順となった。採苗時期では5月中旬区で74.7%と6月中旬区の47.6%より高かった。温度間では30℃/25℃区と25℃/20℃区が80%を超えたが、35℃/30℃区では17.8%と明らかに低かった。品種ごとにみると、いずれの品種も採苗時期は5月中旬区で6月中旬区より高く、温度は35℃/30℃区で顕著に低かった。なつおとめ、とちひとみでは、温度は30℃/25℃区で25℃/20℃区より高かったが、サマープリンセス、みやざきなつはるかでは25℃/20℃区の方

が高かった。第3花房の開花株率は品種間ではとちひとみで35.0%と高く、次いでサマープリンセスで27.0%、なつおとめおよびみやざきなつはるかでは7.4%と明らかに低かった。採苗時期では5月中旬区で、温度間では25℃/20℃区および30℃/25℃区で高かった。品種ごとにみると、第2花房と同様にいずれの品種も採苗時期は5月中旬区で6月中旬区より高くなり、温度は35℃/30℃区でかなり低くなった。第4花房の開花はとちひとみ、サマープリンセスでのみわずかにみられた。

第3表 各要因が四季成り性品種の開花株率に及ぼす影響

要因	水準	開花株率%			
		第1花房	第2花房	第3花房	第4花房
品種	なつおとめ	98.5	51.1	7.4	0
	とちひとみ	100	75.2	35.0	9.5
	サマープリンセス	97.8	62.8	27.0	1.5
	みやざきなつはるか	97.0	55.6	7.4	0
採苗時期	5月中旬	100	74.7	32.6	5.1
	6月中旬	96.7	47.6	5.9	0.4
温度	25℃/20℃	100	80.5	25.9	5.4
	30℃/25℃	100	83.2	29.1	2.8
	35℃/30℃	95.0	17.8	2.8	0

第4表 採苗時期と温度の違いが各品種の開花株率に及ぼす影響

品種	要因	水準	開花株率%			
			第1花房	第2花房	第3花房	第4花房
なつおとめ	採苗時期	5月中旬	100	71.0	20.4	0
		6月中旬	97.1	34.9	0	0
	温度	25℃/20℃	100	57.5	2.1	0
		30℃/25℃	100	84.8	19.6	0
		35℃/30℃	95.5	7.1	0	0
とちひとみ	採苗時期	5月中旬	100	84.1	56.5	17.4
		6月中旬	100	66.2	13.2	1.5
	温度	25℃/20℃	100	88.9	44.4	22.2
		30℃/25℃	100	93.3	51.1	6.7
		35℃/30℃	100	44.7	8.5	0
サマープリンセス	採苗時期	5月中旬	100	73.5	48.5	2.9
		6月中旬	95.7	52.2	5.8	0
	温度	25℃/20℃	100	95.7	51.1	0
		30℃/25℃	100	77.3	27.3	4.5
		35℃/30℃	93.5	1.5	2.2	0
みやざきなつはるか	採苗時期	5月中旬	100	70.1	10.4	0
		6月中旬	94.1	41.2	4.4	0
	温度	25℃/20℃	100	80.4	6.5	0
		30℃/25℃	100	77.3	15.9	0
		35℃/30℃	91.1	8.9	0	0

### 3. 考察

実験1では、促成栽培を想定した育苗時の採苗時期、日長、窒素施肥量が育苗期ならびに定植後の開花に及ぼす影響について本県で育成したなつおとめ、とちひとみをはじめ4品種を供試し調査した。育苗期の開花花房数と日長、窒素施肥量との関係は、なつおとめ、とちひとみ、サマーティアラでは大きな差は認められなかったものの、サマープリンセスでは日長が自然日長でやや多かったことから、日長反応の違いが及ぼす影響は個々の品種による相違があるものと考えられた。また、採苗時期に関しては、品種を問わず、6月中旬に比べ、7月中旬で明らかに少なく、採苗時期の早晚が採苗仮植後の開花に及ぼす影響が大きいことが明らかとなった。第1花房の開花日は、採苗時期については、サマーティアラ以外の3品種では、6月中旬で7月中旬より早く、日長、窒素施肥量では品種間で一定の傾向は見られなかったことから、採苗時期、育苗中の日長条件や窒素施肥量が定植後の開花の早晚に及ぼす影響は個々の品種による相違があるものと考えられた。

実験2では、苗活着後からの温度条件が四季成り性品種の開花や花房の連続性に及ぼす影響を24時間日長下でより詳細に検討した。本実験では実験1より採苗時期を1ヶ月ほど早めて2水準設けたところ、開花株率は全ての品種、温度条件下において、各花房とも採苗時期の早い5月中旬採苗で高く優れ、採苗時期の早晚が、以降の開花と花房の連続性に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。また、品種間で開花株率に差はみられるものの、温度条件が高くなるにしたがい、開花株率と花房の連続性は低下し、とりわけ、昼温35℃/夜温30℃の極端な高温条件下では著しく低下することが明らかとなった。本県の夏季においても本処理と同様な高温条件となるため、生産の維持、向上を図るためには積極的に温度を低下させる必要性が示された。

四季成り性品種は高温により花芽分化が抑制され(泰松, 1993; 矢野ら, 2014)、高温条件下では長日処理により花芽分化や開花が促進される(西山ら, 2009; 濱野ら, 2012; 矢野ら, 2014)ことが報告されている。しかし、本実験からは、高温かつ長日条件における各花房の開花日は品種により異なることが認められた。さらに、温度と開花との関係においては、全ての品種において24時間日長条件下であっても昼温35℃/夜温30℃では開花株率、花房の連続性が極端に劣ったことから、高温条件下では、開花に対する温度の影響がより大きくなると考えられた。また、施肥量との関係で

は、高温では窒素が多い場合に花芽分化が抑制されること(高野ら, 1991, 1992)、サマーベリーにおいて18時間日長下では、施肥量が多いほど花房数が多くなること(刀裃, 1992)、長日条件下のなつあかり、デコルージュでは多肥条件でも花成は促進されること(濱野ら, 2009)などの報告がなされているが、本研究からは施肥量と花成との関係は品種によって異なる結果となった。採苗時期については、開花は採苗時期が遅れるほど遅くなることが報告されおり(森下ら, 2011)、本実験においても同様の傾向が認められた。日長や施肥量と開花との関係は品種により相違が認められたが、採苗時期についてはサマーティアラ以外の品種で共通していることから、四季成り性イチゴ全般に関わる特性であると考えられた。促成栽培において、8月下旬から9月上旬に四季成り性イチゴを定植する場合、夏期に猛暑日が頻発する近年の気象条件下において、開花を安定させるためには、積極的な高温対策と、採苗時期を早くすることが重要であると考えられ、品種によっては長日処理を併せて行うことがよいと考えられた。

#### まとめ

四季成り性品種であるなつおとめ、とちひとみ、サマープリンセスおよびサマーティアラを用いて、促成栽培における育苗時の環境要因が開花に及ぼす影響を検討した。採苗時期は6月中旬および7月中旬とし、育苗時の日長、窒素施肥量を変えて、定植後の各花房の開花日を調査した。第1および第2花房の開花日はなつおとめ、とちひとみ、サマープリンセスでは6月中旬採苗の方が早かった。

次に日長条件を24時間とし、採苗時期と温度が各花房の開花に及ぼす影響を検討したところ、各花房の開花株率は、採苗時期が早い方が高く、温度は最も高い昼温35℃/夜温30℃の区で極端に低くなり、この傾向は第2花房以降の開花株率に顕著に認められた。

## Ⅲ 周年栽培下における四季成り性イチゴの生育、収量

### はじめに

四季成り性イチゴ品種は高温長日条件でも花芽分化するため、一季成り性品種の出荷の端境期となる夏秋期に栽培されているが、夏秋どり栽培以外の作型での生育、収量、果実品質の知見は少ない。そこで本実験では、四季成り性イチゴを用いた周年栽培体系の確立を図るため、その基礎的な調査として、四季成り性品

種の促成栽培における生育，収量および果実品質，また，なつおとめの周年を通じた栽培での収量性を検討した。

## 1. 実験1 促成栽培における四季成り性イチゴの生育，収量および果実品質

### 1) 材料および方法

実験は栃木県農業試験場いちご研究所内の硬質フィルムを展張した温室で，栃木県方式の閉鎖型養液栽培システム(植木ら，1999)を用いて実施した。

供試品種は，四季成り性のサマーティアラ，みやざきなつはるか，あわなつか，サマーフェアリーおよびなつおとめの5品種，対照品種として一季成り性のとちおとめを供試した。採苗は2010年7月13日に行い，鹿沼土とくん炭の混合培土(割合3:1)を充填した24穴セルトレイへ仮植した。育苗中の施肥は窒素成分で株当たり60mgを施用した。定植は9月17日に株間22cmの2条千鳥で行った。培養液は栃木いちご処方(直井ら，2008)を用い，給液濃度は定植後から開花期まで $EC100mSm^{-1}$ ，開花期以降 $EC120mSm^{-1}$ ，2月以降 $100mSm^{-1}$ とした。

保温は10月27日に開始し，昼温 $26^{\circ}C$ ，夜温 $8^{\circ}C$ とした。炭酸ガス施用は11月26日から3月31日まで行い，早朝から換気開始までの濃度が1000ppmとなるように管理した。日長は，11月26日から2月20日までの期間において明期が15時間となるように白熱灯により電照を行った。

調査は1処理区10株2反復とし，生育として定植後1か月以降の葉柄長，葉身長，葉幅(展開第3葉を調査)ならびに第1花房の開花始期，収穫始期，着花数を調査した。収量は収穫始めから7月19日まで調査し，7g以上の果実を可販果，7g未満を屑果とし，果数，果重を計測した。また，可販果における乱形果及び不受精果率を調査した。果実品質は1処理区5果を用い，糖度は糖度計(Brixmeter RA-410)，酸度は酸度計(COM-450)，硬度は貫入式硬度計(DPS-2)により，概ね1か月間隔で調査した。果実の果形，果皮色，光沢，食味については，収穫期間を通して達観で評価した。

### 2) 結果

第1花房の開花，収穫始期はみやざきなつはるか，サマーフェアリー，なつおとめがほぼ同様に，とちお

とめとも大差なかった。あわなつかとサマーティアラの収穫始期はとちおとめよりそれぞれ7日，10日遅かった(第5表)。着花数はなつおとめで7.5花と最も少なく，その他の供試品種はとちおとめより多く，サマーティアラが38.5花と最も多かった。

葉柄長，葉身長，葉幅は，あわなつか，なつおとめでとちおとめより大きな値で推移し，サマーフェアリーは小さい傾向であった(第1図，第2図，第3図)。

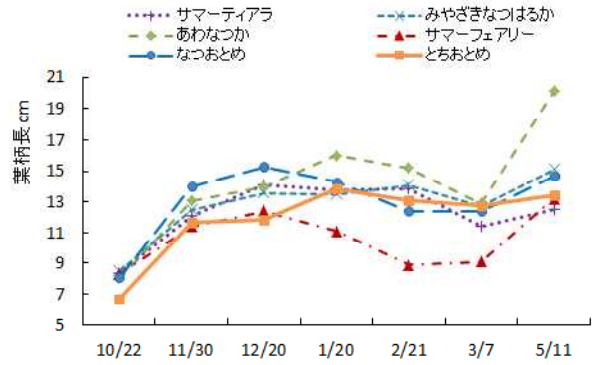
可販果収量は，いずれの供試品種もとちおとめより多く，供試品種間ではあわなつか，次いでサマーフェアリーとなり，サマーティアラ，みやざきなつはるかならびになつおとめの3品種はほぼ同程度であった(第6表)。可販果1果重は，なつおとめで18.9gと最も大きく，サマーティアラでとちおとめと同程度の16.2g，その他の品種はとちおとめより小さかった。可販果数は，あわなつか，サマーフェアリー，みやざきなつはるかでは100果を超え多く，サマーティアラ，なつおとめの順となり，なつおとめはとちおとめと同程度であった。

可販果率はなつおとめで90.1%と最も高く，他の供試品種はとちおとめの69.6%より低く(第7表)，時期別ではいずれの品種も7月に大幅に低下した(第4図)。乱形果率はサマーティアラで28.8%と最も高く，みやざきなつはるかで7.2%と最も低かった。不受精果率はサマーティアラで20.2%と最も高く，なつおとめで7.2%と最も低かった。果形は，あわなつかが長円錐，サマーフェアリーが短円錐，その他の品種は円錐であった。果皮色は，サマーティアラが濃赤，あわなつかが淡赤，サマーフェアリーが橙赤，その他の品種が鮮赤であった。食味は，いずれの供試品種もとちおとめより劣った。糖度は，とちおとめと比較してみやざきなつはるかが同程度で推移し，なつおとめは12月から1月中旬まで高く推移し，その後は低くなった(第5図)。その他の品種はとちおとめより低く推移した。酸度はとちおとめと比較して，サマーティアラ，みやざきなつはるか，あわなつかで高く推移した(第6図)。硬度はとちおとめと比較して，なつおとめが4月15日までほぼ同程度であったが，他の供試品種はいずれも低かった(第7図)。

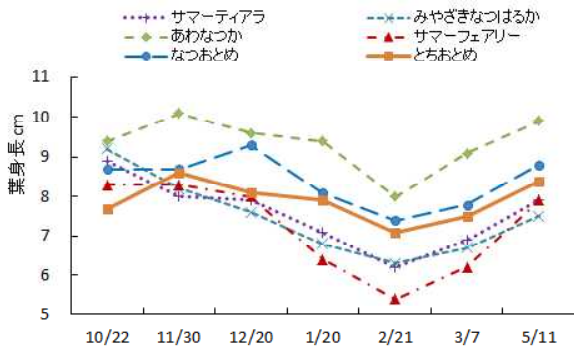
第5表 第1花房の開花・収穫始期および着花数

品種	開花始期 <sup>1</sup>	収穫始期 <sup>1</sup>	着花数 花/株
	月/日	月/日	
サマーティアラ	11/7	12/17	38.5
みやざきなつはるか	11/2	12/7	29.1
あわなつか	11/4	12/14	26.4
サマーフェアリー	11/1	12/7	27.0
なつおとめ	11/2	12/3	7.5
とちおとめ	11/7	12/7	16.6

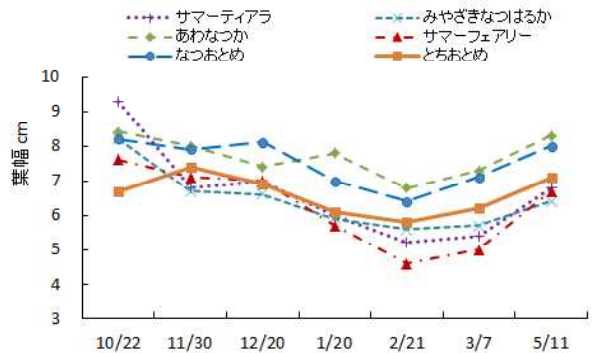
注1. 開花, 収穫始期は処理区の3割以上の株で開花, 収穫が始まった日.



第1図 葉柄長の時期別推移



第2図 葉身長の時期別推移



第3図 葉幅の時期別推移

第6表 可販果収量, 1果重および果数

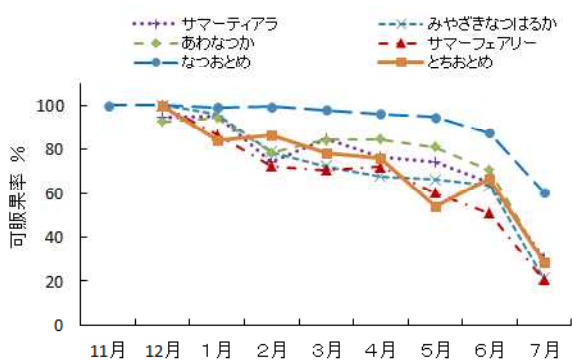
品種	月別可販果 <sup>1</sup> 収量 g/株										合計	収量比	可販果1果重 g	可販果数 果/株
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	7月				
サマーティアラ	0	67	225	206	214	182	191	205	88	1378	123	16.2	85.4	
みやざきなつはるか	0	68	174	268	222	169	150	244	71	1366	121	13.3	103.4	
あわなつか	0	46	281	284	229	181	262	286	100	1669	148	14.7	114.0	
サマーフェアリー	0	152	183	183	225	302	154	220	71	1490	133	13.8	107.9	
なつおとめ	3	120	121	167	226	155	210	251	70	1323	118	18.9	70.0	
とちおとめ	0	107	133	212	222	156	109	154	32	1125	100	16.3	69.4	

注1. 可販果は7g以上の果実とした.

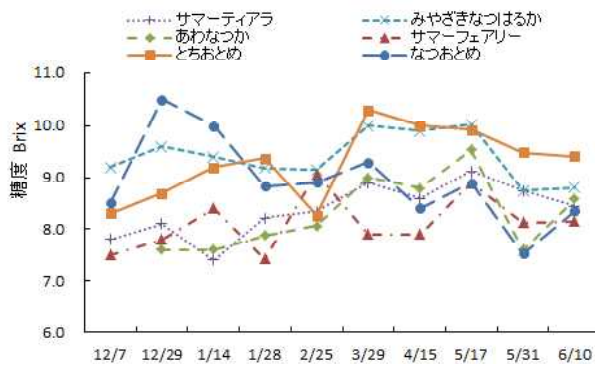
第7表 可販果率, 乱形果率, 不受精果率および果実特性

品種	可販果率%	乱形果率%	不受精果率%	果形	果皮色	光沢	食味
サマーティアラ	68.2	28.8	20.2	円錐	濃赤	良	劣
みやざきなつはるか	60.9	7.2	12.1	円錐	鮮赤	良	やや劣
あわなつか	68.9	12.5	8.2	長円錐	淡赤	やや劣	劣
サマーフェアリー	59.6	16.2	10.8	短円錐	橙赤	やや劣	やや劣
なつおとめ	90.1	17.6	7.2	円錐	鮮赤	良	やや良
とちおとめ	69.6	26.1	9.5	円錐	鮮赤	良	良

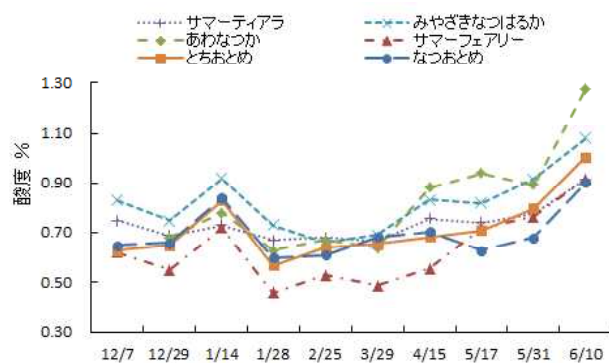




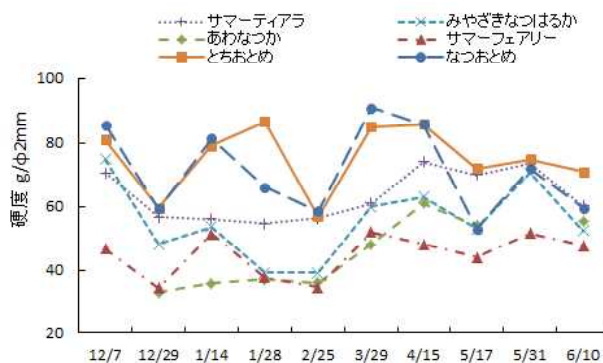
第4図 可販果率の時期別推移



第5図 糖度の時期別推移



第6図 酸度の時期別推移



第7図 硬度の時期別推移

## 2. 実験2 定植時期とクラウン部冷却が周年栽培下における四季成り性品種なつおとめの開花花房数、収量に及ぼす影響

### 1) 材料および方法

実験は栃木県農業試験場いちご研究所内のガラス温室で、栃木県方式の閉鎖型養液栽培システムを用いて実施した。

品種はなつおとめを供試した。処理区は、定植時期を2013年4月下旬、6月下旬、7月下旬、8月下旬とする4区を設け、これにクラウン部冷却処理の有、無を組み合わせた計8処理区とした。なお、クラウン部冷却処理は外径16mmのポリエチレンチューブをクラウン部に接するように設置し、水温20℃程度の地下水を2013年7月18日から9月21日まで終日通水し、翌年7月18日から7月30日までの期間も同様に通水した。

採苗は、4月下旬区では2012年11月24日に行い、鹿沼土とくん炭の混合培土(割合3:1)を充填した24穴セルトレイに仮植し、雨よけ下で越冬させた。6月下旬、7月下旬、8月下旬区では、それぞれ定植1か月前にクリプトモスを充填した直径7.5cmポリポットにランナー(子株)を受け、定植前日に親株から切り離れた。定植は、4月下旬区では2013年4月23日に、6

月下旬区では6月24日、7月下旬区では7月24日、8月下旬区では8月28日に行い、株間22cmの2条千鳥植えとした。培養液は栃木いちご処方を用い、給液濃度は栽培期間を通じて $EC100mSm^{-1}$ で管理した。芽数管理は定植から1か月間は3芽以内とし、その後は放任とした。暑熱対策として2013年7月18日から9月21日まで毎日9時から16時まで遮光率40%のワリフ資材を温室内に展張した。保温は11月2日に開始し、午前27℃、午後23℃、夜温8℃とした。炭酸ガス施用は12月6日から3月31日までに行い、早朝から換気開始まで濃度1000ppmを目標に管理した。電照は白熱灯を用い、定植直後から試験終了まで16時間日長(明期が4時から20時まで)となるように行った。

生育、収量調査は1処理区10株とし、開花花房数は定植1か月後からおおむね1か月間隔で12月まで調査した。収穫は2013年6月23日から翌年7月31日までに行い、7g以上の果実を可販果、7g未満の果実を屑果とし、果数、果重を計測した。またハウス内およびクラウン部の温度を測定した。

### 2) 結果

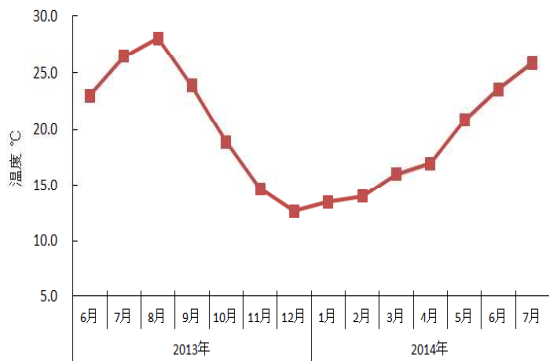
ハウス内平均気温の推移は第8図のとおりで、8月が28.1℃と最も高く、12月が12.7℃と最も低かった。8月10日から13日までのクラウン部温度は、冷却有区

が無区に比べ最大で5.0℃、平均で3.4℃低かった(第9図)。

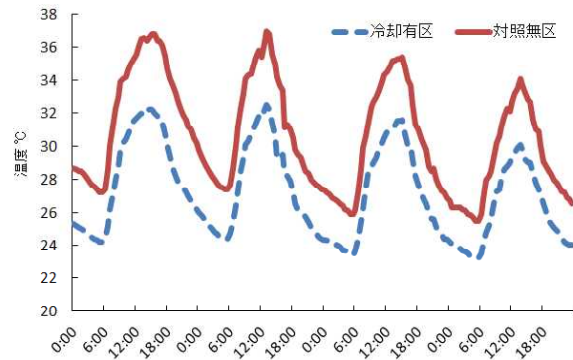
12月までの開花花房数は、定植時期が早い方が多く、全ての定植時期で冷却有区が無区より多かった(第8表)。特に4月、6月、7月下旬区の8月から11月の開花花房数はクラウン部冷却の有無による差が顕著であり、冷却無区の9月から10月の花房数は著しく少なかった。

年内の可販果収量は4月下旬区で最も多く、定植時期が遅くなるにしたがい少なかった(第9表)。またいずれの定植時期もクラウン部冷却により明らかに多収となった。年明け後の収量は7月下旬・冷却有区で1318g/株と最も多く、次いで8月下旬・冷却有区で1201g/株、4月下旬・冷却有区と同無区、および8月下旬・冷却無区で同程度となった。また、6月下旬区では他の処理区より少なく、特に冷却有区では3月、4月が少なく、収量は639g/株と最も少なかった。さらに、年明け後の収量をクラウン部冷却の有無で比較すると4月下旬区では差はみられず、6月下旬区では無区の方が多かった。7月および8月下旬区では有区の収量が多かった。総収量は4月下旬区では14か月の収穫期間でクラウン部冷却有区が1958g/株で無区の

1525g/株より多く、6月下旬区では12か月間の収穫期間で冷却有区が1104g/株と無区の1019g/株より多く、7月下旬区では11か月の収穫期間で冷却有区が1577g/株と無区の1117g/株より多く、8月下旬区では9か月の収穫期間で冷却有区が1418g/株と無区の1186g/株より多かった。定植時期で比較すると4月下旬区が最も多く、10a当たりの換算収量は13.7tとなり、次いで7月下旬区、8月下旬区、6月下旬区の順となった。栽培12か月の収量は、定植時期で比較すると7月下旬区が最も多く、次いで8月下旬区、4月下旬区、6月下旬区の順となった。年内の可販果率は、第10表のとおりで、定植時期では8月下旬区でほぼ100%と高く、次いで4月下旬区、6月下旬区、7月下旬区の順となった。クラウン部冷却の有無で比較すると8月下旬区以外は有区で高くなった。年明け後の可販果率は定植時期で比較すると8月下旬で高く、次いで4月下旬、7月下旬、6月下旬の順となった。クラウン部冷却の有無ではいずれの定植時期でも大きな差はみられなかった。収穫期間をとおした可販果率は定植時期では8月下旬区で高く、次いで4月下旬区と7月下旬区で同程度となり、6月下旬区が最も低くなった。



第8図 ハウス内平均気温



第9図 クラウン部温度の推移

第8表 定植時期とクラウン部冷却が年内の開花花房数に及ぼす影響

定植時期	クラウン部冷却	開花花房数 本/株								合計	比% (冷却有/冷却無)
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月			
4月	有	3.7	3.3	7.9	2.0	4.5	1.5	1.5	24.4	160	
	無	3.6	3.6	3.9	0.4	0.5	0.8	2.5	15.3	100	
6月	有	-	-	4.9	9.4	3.9	1.7	1.9	21.8	299	
	無	-	-	2.9	0.4	0.3	1.6	2.1	7.3	100	
7月	有	-	-	-	4.1	1.7	2.9	2.1	10.8	270	
	無	-	-	-	1.3	0	0.6	2.1	4.0	100	
8月	有	-	-	-	-	1.9	1.7	0.9	4.5	173	
	無	-	-	-	-	1.1	0.8	0.7	2.6	100	

第9表 定植時期とクラウン部冷却が可販果収量に及ぼす影響

定植時期	クラウン部冷却	月別可販果 <sup>1</sup> 収量 g/株														総収量	
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	g/株	t/10 <sup>2</sup>
4月	有	103	229	76	43	22	107	193	150	164	175	190	266	149	91	1958	13.7
下旬	無	101	187	49	4	13	16	22	64	313	296	149	138	92	81	1525	10.6
6月	有	-	-	99	53	115	121	77	74	125	58	25	138	131	88	1104	7.7
下旬	無	-	-	45	4	6	8	17	84	244	313	135	29	68	66	1019	7.1
7月	有	-	-	-	57	77	64	61	146	240	208	152	190	279	103	1577	11.0
下旬	無	-	-	-	7	13	0	0	0	299	358	106	160	102	72	1117	7.8
8月	有	-	-	-	-	-	57	160	167	201	211	200	190	154	78	1418	9.9
下旬	無	-	-	-	-	-	8	69	86	191	284	199	144	92	113	1186	8.3

定植時期	クラウン部冷却	年内収量		年明け後収量		収穫期間 月	栽培12か月の収量 <sup>3</sup> g/株
		g/株	t/10a <sup>1</sup>	g/株	t/10a		
4月	有	773	5.4	1185	8.3	14	1262
下旬	無	392	2.7	1133	7.9	14	1065
6月	有	465	3.2	639	4.5	12	885
下旬	無	80	0.6	939	6.5	12	885
7月	有	259	1.8	1318	9.2	11	1474
下旬	無	20	0.1	1097	7.7	11	1045
8月	有	217	1.5	1201	8.4	9	1418
下旬	無	77	0.5	1109	7.8	9	1186

注1. 可販果は7g以上の果実とした。

2. 10a当たりの換算収量は、栽植本数7000株で試算した。

3. 定植後12か月間の収量を集計した値。

第10表 定植時期とクラウン部冷却が可販果率に及ぼす影響

定植時期	クラウン部冷却	月別可販果率%														年内 平均%	年明け後 平均%	収穫期間 平均%
		6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月			
4月	有	100	70	37	21	20	92	94	94	96	98	93	94	65	48	55	79	67
下旬	無	100	67	27	8	35	75	67	100	96	83	74	92	65	50	49	77	66
6月	有	-	-	80	34	52	55	66	71	92	76	63	98	63	45	55	68	61
下旬	無	-	-	52	8	31	46	90	98	84	82	50	53	62	49	37	68	63
7月	有	-	-	-	78	49	48	63	84	88	82	100	90	100	100	56	75	69
下旬	無	-	-	-	25	27	0	-	-	100	84	59	89	70	47	21	76	71
8月	有	-	-	-	-	-	100	98	98	94	97	88	94	81	54	98	85	87
下旬	無	-	-	-	-	-	100	100	86	99	96	93	91	77	51	100	84	84

### 3. 考察

実験1では、促成栽培における四季成り性品種の生育、収量および果実品質について検討した。供試した四季成り性の5品種全てが、一季成り性品種のとちおとめより多収であることが明らかとなり、あわなつかではとちおとめより5割程度多く極めて多収であっ

た。なつおとめ以外の品種は、収穫果数(可販果数)が多いことが多収性を示す主な要因であったが、いずれの品種も1果重が小さく屑果率が高いことが認められ、収穫や選別などの作業性への影響が懸念された。一方、なつおとめは他の4品種より収量はやや少なかったものの、1果重が18.9gと大きく、収穫期間をと

おして可販果率が高く、屑果の発生が非常に少なく、四季成り性品種の中では優れた特性を有することが明らかとなった。果実品質は糖度、硬度、食味などの項目で、いずれの四季成り性品種もとちおとめより同等以下で推移する結果となり、これらの品種から促成作型で生産された果実の商品性は、一季成り性品種に比べ明らかに劣るものと判断された。また、硬度について、サマーティアラ、みやざきなつはるかおよびあわなつかで厳寒期の低下が著しく、时期的な変動について検討が必要である。

実験 2 では、夏秋期の生産性を安定させるため、特に平坦地における夏秋どり栽培で導入が進みつつある地下水を用いたクラウン部冷却処理(中西ら, 2013)を組み入れつつ、定植時期の違いが周年栽培下におけるなつおとめの開花花房数、収量に及ぼす影響について検討した。栃木県の平坦地における夏秋どり栽培においては、8月のハウス内の平均気温は30℃近くになり、猛暑日においては、ハウス内の最高気温は遮光処理を行っても40℃近くまで上昇する(中西ら, 2015)。県内におけるなつおとめの栽培においては、比較的冷涼な準高冷地でさえも夏期の気温による収量の年次間差が認められており(小林ら, 2013)、本実験では、クラウン部冷却処理が年内の花房発生の安定化と収量性の向上に及ぼす効果が明らかとなり、本技術は夏季の生産において安定化に寄与できると考えられた。また、4月下旬・冷却有区では、14か月の収穫期間で1958g/株(13.7t/10a)得られることが明らかとなった。しかし、定植後1年経過時点での収量は7、8月定植が同等で、4月定植より高かったことから、実用場面においては夏秋期の更なる生産性の安定が必要であると考えられた。また6月下旬定植のクラウン部冷却有区の2月から3月にかけての花房発生の停滞は、定植時期の影響であるか今後確認する必要がある。

#### まとめ

四季成り性品種サマーティアラ、みやざきなつはるか、あわなつか、サマーフェアリーおよびなつおとめの促成栽培における生育、収量、果実品質を調査した。供試した四季成り性品種の収量はいずれも一季成り性品種のとちおとめより多収となった。果実品質は、食味、果実硬度で、いずれの品種もとちおとめより劣ることが認められた。

次に、なつおとめを周年栽培したところ、クラウン部冷却により年内の開花花房数、収量性が向上した。また、定植時期を4月下旬としクラウン部冷却を行い14か月間収穫すると、収量は10a当たり13.7t得られた。

## IV 総合考察

本研究は、四季成り性イチゴを用いた周年栽培体系の確立を図るため、その基礎的な調査として、四季成り性イチゴの開花特性ならびに促成栽培および周年栽培下での生育、収量を明らかにすることを試みた。

四季成り性イチゴの花房の発生は(第II章実験2)、昼温35℃/夜温30℃のような著しい高温条件下においては、24時間日長下においても著しく抑制されることが明らかとなった。本県におけるなつおとめを用いた夏秋どり栽培では、夏季が冷涼な準高冷地においても収量の年次変動に夏秋期の気温が大きな影響を及ぼしていることがすでに明らかにされている(小林ら, 2013)。平坦地では8月の温室内日平均気温が30℃程度となること、気象的には猛暑日の発現頻度が高まる傾向にあることなどを踏まえると、今後、四季成り性イチゴを用いた周年栽培の実用化を図るためには、より積極的に効率的かつ効果的な暑熱対策を用いて収量を安定化させる必要がある。

四季成り性イチゴを用いた周年栽培の可能性に関してまず、促成栽培下では(第III章実験1)、収量はとちおとめを上回る結果であったが、糖度、酸度、硬度などの果実品質は明らかに劣っており、品種改良や栽培技術の開発による改善が必要となる。なつおとめを用いた周年栽培では(第III章実験2)、日長を16時間とし、夏秋期にクラウン部冷却処理を行うことで、定植後の花房の連続性が高まり、10a当たりの収量は最大で13.7tとなるなど、収量面では四季成り性品種を用いた周年栽培の可能性を強く示唆する結果を得た。第III章実験2では、定植時期を変えることにより、年内(定植当該年)の花房の連続性を更に高め、増収効果を期待したが、各試験区について、栽培期間を12か月と区切った収量では、定植時期の早い4月、6月定植で収量性が劣っており、定植時期の早さと収量に明確な関係が認められなかった。このことから、周年栽培の実用場面においては、果実の時期ごとの需要動向や取引価格、栽培に用いる品種の特性などを勘案し、適正な採苗・定植時期を見いだすことが必要であると考えられた。

また、本研究からは、周年栽培の実用化を目指す上で取り組むべき研究の方向性が示された。育種に関しては、促成栽培下において既存の一季成り性品種と比べて遜色のない果実品質(特に果実硬度と食味)を有することが最優先の課題となるが、その選抜過程においては、果数型の系統よりも屑果の発生が少ない果重型

の系統を優先に選抜することが作業性を考慮すると有利であり、さらに、この特性を満たした上で、高温条件下においても安定して出蕾開花する系統を選抜することが重要であると考えられた。加えて、周年栽培下でのなつおとめの可販果率がクラウン部冷却処理を行った場合であっても 67 %程度であったことを踏まえると、高温条件下においても果実肥大に優れる特性も必要となる。

栽培技術面においては、夏秋期の気象条件に左右されることなく、花房の連続性を確保するための環境制御技術の確立が急務である。本研究ではクラウン部冷却処理の有用性を確認したが、処理時の最適温を明らかにするには至っていない。本県における夏秋どり栽培でのクラウン部冷却処理の現地事例では、クラウン部の制御温度を地下水温に依存していることから、生産者間でその効果に差がある現状にある。クラウン部冷却を積極的に行うためには、装置の導入に伴うコストが新たに発生するが、クラウン部の温度制御による増収効果は促成栽培下においても報告されており(壇ら, 2007; 佐藤ら, 2010)、周年的に本技術を活用することにより、さらなる生産性の向上が期待されることから、周年を通してのクラウン部温度制御法を検討する必要がある。また、栽培が長期化することが想定されるため、作業性や栽培管理を考慮すると、栽培方式を高設栽培とすることが望ましいと考えられ、定植時期や栽培期間などの体系化が求められる。

近年、よつぼし(森ら, 2014)などの四季成り性で高品質な品種の品種登録出願がなされており、夏秋期の利用はもとよりさらに長期間の栽培可能性への関心が各方面からより一層高まるものと思われる。本県においては、現在、従来のイチゴ生産に比べより省力ならびに生産性の飛躍的向上を図るため、四季成り性を有し、周年栽培が可能で高品質な「次世代型品種の開発」を目指しているところであり、早期にこの目標を達成するために、今後は育種、栽培技術の両面において研究を更に深めたい。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、稲葉正雄氏、石川昭男氏、浅川利子氏、堀井数己氏には試験ほ場の管理ならびに調査等の補助に協力いただいた。また、本稿を執筆するにあたり、いちご研究所の石原所長をはじめ、開発研究室研究員諸氏には数多くのご助言と激励の言葉をいただいた。ここに記して厚く感謝の意を表す。

## 引用文献

- 赤木博・大和田常晴・川里宏・野尻光一・安川俊彦・長修・加藤昭(1985) イチゴ新品種「女峰」について。栃木農試研報 31 : 29-41.
- 壇和弘・曾根一純・沖村誠(2007) クラウン部の局所温度制御が促成イチゴの連続出蕾性に及ぼす影響。園学研 6(別 1) : 428.
- 濱野恵・山崎浩道・矢野孝喜・本城正憲・森下昌三(2009) 日長と肥料が四季成り性イチゴ「なつあかり」「デコルージュ」の越冬苗の生育・花成に及ぼす影響。園学研 8(別 2) : 491.
- 濱野恵・山崎浩道・矢野孝喜・本城正憲・森下昌三(2012) 四季成り性イチゴ「なつあかり」の一年生苗の出蕾と生育に及ぼす日長の影響。園学研 11(別 1) : 393.
- 石原良行・高野邦治・植木正明・栃木博美(1996) イチゴ新品種「とちおとめ」の育成。栃木農試研報 44 : 109-123.
- 小林泰弘・中西達郎・植木正明(2013) 四季成り性イチゴ品種「なつおとめ」の栃木県内における夏秋どり栽培適応性。園学研 12(別 1) : 361.
- 小林泰弘・植木正明・須永哲央・直井昌彦・癸生川真也・稲葉幸雄・家中達広・岡村昭子・重野貴・畠山昭嗣・永嶋麻美・豊田明奈(2015) 四季成り性イチゴ新品種「なつおとめ」の育成。栃木農試研報 73 : 77-84.
- 森利樹・小堀純奈・北村八祥・井口工・加藤伊知郎・曾根一純・石川正美・前田ふみ(2014) 共同育種によるイチゴ種子繁殖型品種「よつぼし」の開発。園学研 13(別 2) : 228.
- 森下昌三・濱野恵・矢野孝喜・山崎浩道・山口貴之・柴田昌人・庭田英子・伊藤篤史・廣野直芳・林浩之・篠田光江・田口多喜子・小林智之(2011) 東北地域における四季成り性品種を利用した夏秋どりイチゴの栽培技術。独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 東北農業研究センター : 9-11.
- 中西達郎・小林泰弘・植木正明(2013) クラウン冷却が夏秋どり四季成り性イチゴ「なつおとめ」の収量に及ぼす影響。園学研 12(別 1) : 366.
- 中西達郎・植木正明(2014) 周年栽培下における四季成り性品種の栽培特性に関する研究(第 1 報) 定植時期とクラウン冷却が生育・収量に及ぼす影響。園学研 13(別 1) : 342.

- 中西達郎・大橋隆・大橋幸雄(2015) 四季成り性いちご品種「なつおとめ」の夏秋どり栽培技術. 栃木農試新技術シリーズ No. 17.
- 直井昌彦・畠山昭嗣・岡村昭子・稲葉幸雄・植木正明(2008) イチゴの閉鎖型養液栽培に適した培養液処方. 栃木農試研報 63 : 59-68.
- 西山学・海老原康仁・金浜耕基(2009) イチゴの四季成り性品種間における花芽分化の限界日長の差異. 園学研 8(第 1 号) : 35-39.
- 佐藤公洋・北島伸之(2010) 高設栽培におけるクラウン部局所加温の温度がイチゴの生育および収量に及ぼす影響. 福岡農総試研報 29 : 27-32.
- 重野貴・直井昌彦・植木正明・家中達広・岡村昭子・須永哲央・小林泰弘・永嶋麻美・稲葉幸雄・畠山昭嗣・癸生川真也・豊田明奈・中西達郎(2015) 極大果イチゴ品種「栃木 i 27 号」の育成. 栃木農試研報 73 : 85-100.
- 泰松恒男(1993) イチゴ四季成り性品種の生態特性の解明並びにその生産性の確立に関する研究. 奈良農試特別研報. 1-206.
- 高野浩・常松定信(1991) 四季成り性イチゴの作型に関する研究(第 2 報) 一年生苗の花芽分化に及ぼす窒素レベルの影響. 園学雑 60(別 1) : 378-379.
- 高野浩・常松定信(1992) 四季成り性イチゴの作型に関する研究(第 3 報) 長日条件下における花成反応. 園学雑 61(別 1) : 358-359.
- 刀祢茂弘(1992) 四季成り性イチゴ「サマーベリー」の収量に及ぼす長日処理の影響. 園学雑. 61(別 2) : 440-441.
- 植木正明・栃木博美・畠山昭嗣・稲葉幸雄・重野貴(1999) 杉パーク「クリプトモス」を培地としたイチゴの高設ベット栽培(第 1 報) 非循環による閉鎖型養液管理システムの開発. 園学雑 68, 別 1, 233.
- 植木正明・大橋幸雄・重野貴・出口美里・高際英明・栃木博美・深澤郁男・癸生川真也・稲葉幸雄(2006) 四季成り性イチゴ新品種「とちひとみ」の育成. 栃木農試研報 58 : 47-57.
- 植木正明・稲見明奈・重野貴(2012) 促成栽培における四季成り性イチゴの生産能力. 園学研 11(別 1) : 312.
- 矢野孝喜・木下貴文・長管香織・山崎博子・稲本勝彦・山崎浩道・濱野恵・本城正憲・森下昌三(2014) 四季成り性イチゴ「なつあかり」当年苗の花芽分化に及ぼす温度および長日処理の影響. 園学研 13(別 1) : 341.