

# イチゴ「ゆめのか」における環境条件の違いと光合成特性

前田 衡，松本尚之<sup>1)</sup>

キーワード：CO<sub>2</sub>，イチゴ，光合成，ゆめのか

Photosynthetic Characteristics of Strawberry Cultivar 'Yumenoka' for Difference in Environmental Condition

Hitoshi MAEDA, Naoyuki MATSUMOTO

## 目次

1. 緒言
2. 材料および方法
  - 1) 光・温度の違いと CO<sub>2</sub>濃度による「ゆめのか」の光合成速度
  - 2) 厳寒期における「ゆめのか」の葉位別光合成寄与率
3. 結果
  - 1) 光・温度の違いと CO<sub>2</sub>濃度による「ゆめのか」の光合成速度
  - 2) 厳寒期における「ゆめのか」の葉位別光合成寄与率
4. 考察
  - 1) 光・温度の違いと CO<sub>2</sub>濃度による「ゆめのか」の光合成速度について
  - 2) 「ゆめのか」の葉位別光合成特性について
5. 摘要
6. 引用文献

## Summary

---

<sup>1)</sup> 現長崎県北振興局

本研究は、革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）「イチゴ省エネ栽培・収量予測・低コスト輸送技術の融合による販売力・国際競争力の強化」（2016～2019）で実施した。

本報告の一部は、平成30年度園芸学会九州支部発表会で発表した。

## 1. 緒言

長崎県のイチゴ栽培品種は、2012年から愛知県育成の「ゆめのか」(番・矢部, 2005)を導入して以降、それまで主力品種であった農研機構育成「さちのか」(森下ら, 1997)からの転換が進んでいる。一方で施設園芸全体では、環境制御技術の開発が進み、本県のイチゴ産地においてもCO<sub>2</sub>発生装置や自動換気装置、環境モニタリング装置の導入が本格化している。

その中で、イチゴのCO<sub>2</sub>施用技術や光合成特性については、全国の研究機関で研究が進んでいる(加

藤ら, 2015; 和田ら, 2010)が、荻原ら(2003)は「とちおとめ」は「さちのか」に比べ収穫期には下位葉の光合成能力が低下しやすいと報告しており、CO<sub>2</sub>の施用効果や光合成特性には品種間差があると考えられる。

そこで、「ゆめのか」において効果的なCO<sub>2</sub>施用技術を構築していくために、環境条件や葉位による光合成特性について調査し、基礎的な知見が得られたので報告する。

## 2. 材料および方法

### 1) 光・温度の違いとCO<sub>2</sub>濃度による「ゆめのか」の光合成速度

本センタービニールハウスの長崎県型高設栽培に2016年9月10日に定植した「ゆめのか」を10株供試し、栽植様式は株間20cm, 条間20cmの2条千鳥植え(700株/a)とした。光合成速度を計測する光と温度条件は、2015年12月~2016年2月のハウス内の日中(7:00~18:00)照度と温度の実測値を基に、雨天日=弱光, 曇天日=中光, 晴天日=強光の施設内光量子束密度と温度を想定し、3水準で設定した。光と温度条件は弱光が $100 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -14°C, 中光が $200 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -17°C, 強光が $400 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ -20°Cとした。光合成速度は、2017年1月19日に光合成速度測定装置(Licor社製LI-6400)を用い、湿度を50%程度に調節、CO<sub>2</sub>濃度を0, 200, 400, 600, 800, 1000ppmで新生第3葉(中央葉)を計測した。

### 2) 厳寒期における「ゆめのか」の葉位別光合成寄与率

本センタービニールハウスの長崎県型高設栽培に2017年9月12日定植した「ゆめのか」を10株供試し、栽植様式は株間20cm, 条間20cmの2条千鳥植え(700株/a)とし、以下の調査を実施した。

(1)2018年1月16日に新生第1葉~第10葉(中央葉)の葉身長と葉幅を測定し、各葉位3複葉の葉面積を以下の計算式(森下, 2014)により推定した。

$$\text{葉面積} = \text{葉身長} \times \text{葉幅} \times 2$$

(2)一定期間の葉位別積算受光量を求めるため、縦2cm×横1cmの日射計フィルムオプトリーフ(R-3D)を新生第1葉~第10葉の中央葉に2018年1月9日に設置し(写真1)、大成ファインケミカル社製のオプトリーフ計測器D-Meter R-470で2018年1月16日に減色率を計測した。環境計測装置(ネポン社製アグリネット)で得られた日射量の実測値を基に施設内に水平に設置したオプトリーフを継続的に計測した減色率からハウス内の積算日射量を推定する回帰式を求め(図1)、葉位別に設置したオプトリーフの減色率から推定した積算日射量を積算受光量とした。

(3)2018年1月18日~1月22日にLI-6400を用い、CO<sub>2</sub>濃度を0, 200, 400, 600, 800, 1000ppmに設定し、新生第1葉~第10葉(中央葉)の光合成速度を光量子束密度 $500 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 温度20°Cの条件で計測した。

(4)葉位別葉面積と葉位別積算受光量, 葉位別光合成速度からCO<sub>2</sub>濃度400ppm時の葉位別光合成寄与率を以下の計算式から推定した。

$$\text{葉位別光合成寄与率} = \frac{\text{葉位別光合成速度} \times \text{葉位別葉面積} \times \text{葉位別積算受光量}}{\text{全葉位光合成速度} \times \text{全葉位葉面積} \times \text{全葉位積算受光量}} \times 100$$

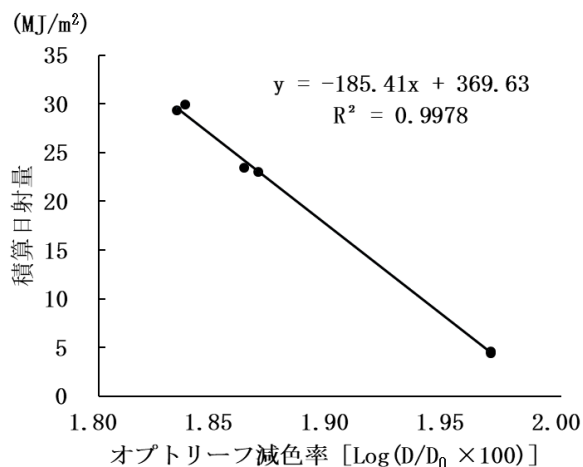


写真 1 オプトリーフを用いた葉位別積算受光量の計測

図 1 本センターのビニールハウス内における 1 月のオプトリーフ (R- 3D) 減色率と積算日射量

### 3. 結果

#### 1) 光・温度の違いと CO<sub>2</sub> 濃度による「ゆめのか」の光合成速度

光と温度条件にかかわらず CO<sub>2</sub> 濃度の上昇に伴い見かけの光合成速度は上昇したが、上昇の幅は光と温度条件で差が見られた。CO<sub>2</sub> 濃度 200ppm では、強光と中光で同等の見かけの光合成速度となり、弱

光では劣った。CO<sub>2</sub> 濃度 400ppm 以上では弱光より中光、中光より強光が高く推移した。また、強光時の CO<sub>2</sub> 濃度 600ppm で見かけの光合成速度が 400ppm の約 1.4 倍になるのに対し、弱光と中光では約 1.2 倍と CO<sub>2</sub> 濃度の上昇に伴う見かけの光合成速度上昇に鈍化が認められた (図 2)。

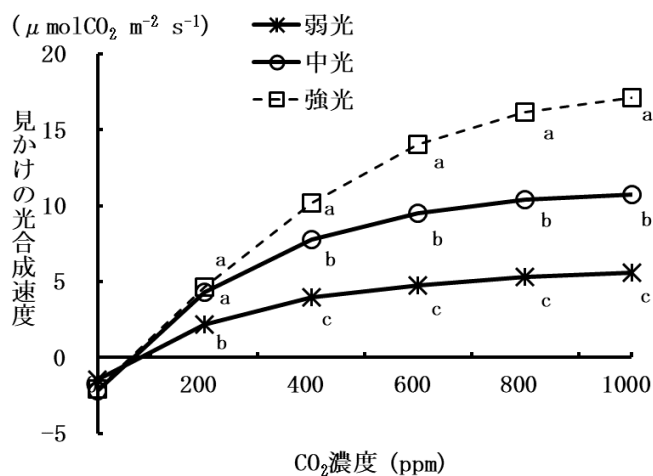


図 2 光強度、温度および CO<sub>2</sub> 濃度の違いによる見かけの光合成速度  
※Tukey 法により図中同列の異なる英文字間に 5%水準で有意差あり

2) 厳寒期における「ゆめのか」の葉位別光合成寄与率

- (1) 1月の葉位別葉面積は上位葉ほど小さく、下位葉ほど大きい傾向であった (表1).
- (2) 葉位別の積算受光量は第2葉~第5葉で高く、第8葉以下の下位葉が特に低くなった (表1).
- (3) 見かけの光合成速度は、CO<sub>2</sub>濃度 200~600ppm では第2葉~第5葉が第8葉以下の下位葉より高い

傾向であった (表2). また、600ppmを超えると葉位に関わらず上昇が鈍化する傾向が認められた (表2).

(4) 葉面積と積算受光量、CO<sub>2</sub>濃度 400ppm時の見かけの光合成速度をもとに葉位ごとの光合成寄与率を算出すると、第2葉~第7葉が各10%以上と比較的高い寄与率を示したのに対し、第8葉以下では3葉の合計でも15%と低い寄与率となった (図3).

表1 葉位別の葉面積および積算受光量

葉位	葉面積 (cm <sup>2</sup> )	積算受光量 (MJ/m <sup>2</sup> /7日)
第1葉	138 d	10.8 abc
第2葉	136 d	16.3 a
第3葉	134 d	19.5 a
第4葉	142 d	15.9 a
第5葉	182 cd	16.0 a
第6葉	205 bc	13.8 ab
第7葉	243 ab	11.9 abc
第8葉	269 a	6.1 bc
第9葉	267 a	4.0 c
第10葉	253 ab	5.0 bc

表2 CO<sub>2</sub>濃度の違いと葉位別光合成速度 (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> S<sup>-1</sup>)

葉位	CO <sub>2</sub> 濃度 (ppm)					
	0	200	400	600	800	1000
第1葉	-2.87 c	4.13 ab	9.73 ab	13.03 ab	14.50 a	15.19 a
第2葉	-2.63 bc	4.38 a	10.52 a	14.63 ab	16.11 a	16.57 a
第3葉	-2.30 abc	4.47 a	10.42 a	15.17 ab	17.67 a	18.74 a
第4葉	-2.45 abc	4.65 a	10.95 a	15.68 a	18.06 a	18.78 a
第5葉	-2.30 abc	4.56 a	10.88 a	15.36 a	18.01 a	18.71 a
第6葉	-2.16 abc	4.16 a	10.22 ab	14.60 ab	17.14 a	17.72 a
第7葉	-1.87 a	3.53 ab	9.03 ab	13.71 ab	16.47 a	17.30 a
第8葉	-1.85 a	3.18 ab	8.02 ab	12.36 ab	14.64 a	15.72 a
第9葉	-1.74 a	2.56 b	7.22 b	11.56 b	14.17 a	15.34 a
第10葉	-1.93 ab	3.18 ab	8.06 ab	12.61 ab	15.10 a	16.19 a

※Tukey法により表中同列の異なる英文字間に5%水準で有意差あり

※Tukey法により表中同列の異なる英文字間に5%水準で有意差あり

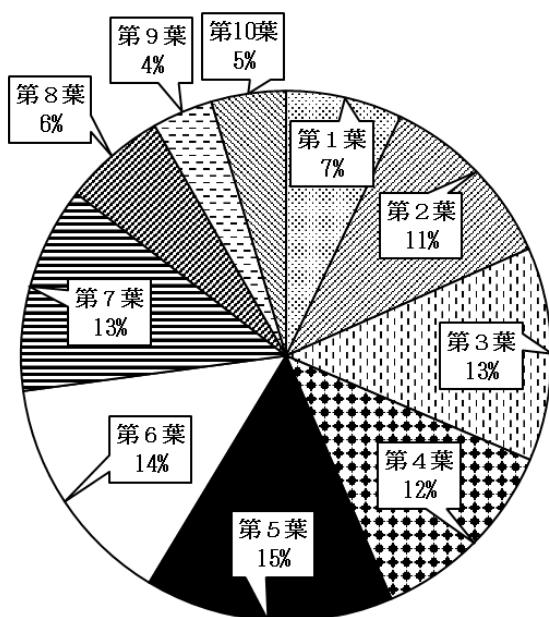


図3 CO<sub>2</sub>濃度 400ppm時の葉位別光合成寄与率

## 4. 考察

### 1) 光・温度の違いと CO<sub>2</sub> 濃度による「ゆめのか」の光合成速度について

図2に示すように「ゆめのか」では光と温度条件にかかわらず、外気の CO<sub>2</sub> 濃度にあたる 400ppm と比較して CO<sub>2</sub> 濃度が 200ppm まで低下すると見かけの光合成速度が半分程度まで減少していた。吉田 (2012) によるとイチゴは CO<sub>2</sub> 濃度が 400ppm 以下に低下すると光合成速度が直線的に低下し、50～100ppm で CO<sub>2</sub> 補償点に達するとしており、本試験結果からも「ゆめのか」で同様の特性が見られたため、「ゆめのか」もハウスを密閉した状況で CO<sub>2</sub> を吸収して飢餓状態になると光合成産物の生成が著しく低下するものと考えられる。また、弱光および中光では、CO<sub>2</sub> 濃度 600ppm 以上で見かけの光合成速度増加が鈍化しているため、曇雨天時の CO<sub>2</sub> 高濃度施用は十分な効果が期待できないと考えられた。

### 2) 「ゆめのか」の葉位別光合成特性について

1月の葉面積は上位葉ほど小さくなっているが、計測時期が厳寒期であるとともに頂花房の収穫が進んだことによる株への着果負担が影響していると考えられ、イチゴの促成栽培で特徴的に見られる現象といえる。葉面積と受光量を考慮した葉位別の光合成寄与率は第2葉～第7葉で他の葉位と比べ高く、同化産物を蓄積するうえで重要な役割を果たす葉位だといえる。このことから、イチゴ栽培農家では、頂花房の収穫終了から第2花房を本格的に収穫開始するまでは収穫調整作業の時間が大幅に減少し、摘葉等の管理作業を実施し易い時期となるが、第7葉以上を摘葉するような強摘葉は望ましくないと考えられる。さらに、第8葉以下の下位葉についても、見かけの光合成速度はマイナスではないため、ハダニや灰色かび病など病害虫の発生には注意する必要があるが、可能な限り摘葉せずに残した方が株当たりの光合成産物の蓄積は高まると考えられる。本県

の「ゆめのか」栽培の指導方針として摘葉について、「厳寒期は果実に重なる葉や枯れ葉、黄変葉を除去する」としており、過度な摘葉はしないようにしている。本試験に供試した株は新生11葉以下の葉位で黄変や褐変が観察されており、厳寒期は株当たり10葉程度を維持しながら栽培するのが望ましい。

これまでイチゴの葉位別の光合成特性についての報告事例は少ないが、荻原ら (2003) が「さちのか」と「とちおとめ」について上位葉 (第2, 3葉)、中位葉 (第5, 6葉)、下位葉 (第7-9葉) で光合成速度の推移について報告している。これによると、「さちのか」の光合成速度は「とちおとめ」より大きく、葉齢が進行しても長期間光合成速度が低下しない特性があるとしており、本研究に供試した「ゆめのか」では表2に示すとおり CO<sub>2</sub> 濃度にかかわらず新生第8葉以下の光合成速度が第7葉以上と比べそれ程大きく低下しておらず、荻原ら (2003) の報告による「さちのか」に近い特性であると考えられた。一方で、第8葉以下の光合成寄与率が低下しているのは、表1に示すとおり積算受光量の大幅な低下が要因であることが本研究で明らかになった。

水上ら (2011) は、CO<sub>2</sub> 施用について「あまおう」は朝に、「さがほのか」では朝と夕方に 1000ppm で施用するのが効果的であるとしており、品種によって施用方法の効果に違いがあるとしている。そのため、今後は今回得られた「ゆめのか」の光合成特性を踏まえて、灌水量や施肥量なども含めた「ゆめのか」に最適な CO<sub>2</sub> 施用技術の構築が必要である。これまで本県のイチゴ栽培では CO<sub>2</sub> 発生装置の導入がやや遅れていたが、「ゆめのか」への転換に伴い、導入が加速化している。また、統合環境制御装置の導入も見込まれており、気象条件に左右されない増収技術として環境制御技術の開発を継続していく必要がある。

## 5. 摘要

イチゴ「ゆめのか」においてCO<sub>2</sub>施用時の環境条件や葉位による光合成特性について調査を行った。

その結果、以下のことを明らかにした。

1) CO<sub>2</sub>濃度 200ppm では、強光 (400 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> - 20°C) と中光 200 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> - 17°C) 条件で同等の見かけの光合成速度となり、弱光 (100 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> - 14°C) 条件では劣った。CO<sub>2</sub>濃度 400ppm

以上では弱光より中光、中光より強光で見かけの光合成速度が高く推移した。

2) CO<sub>2</sub>濃度 400ppm 時の光合成速度と積算受光量、葉面積をもとに葉位ごとの光合成寄与率を算出すると、第2葉～第7葉が各10%以上と比較的高い寄与率を示したのに対し、第8葉～第10葉では合計でも15%と低い寄与率となった。

## 6. 引用文献

番 喜宏・矢部和則. 2005. イチゴ新品種「ゆめのか」の育成. 愛知農試研報. 37: 17-22

加藤賢治・小林克弘・嶋本千晶・中村嘉孝・小島寛子・大藪哲也・番 喜宏・岩崎泰永. 2015. イチゴ促成栽培におけるミスト噴霧とCO<sub>2</sub>長時間施用が生育・収量に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 47: 51-60

水上宏二・平田祐子・森山友幸. 2011. 北部九州地域でのイチゴの高設栽培におけるCO<sub>2</sub>施用効果と品種に適した施用法. 福岡農試研報. 30:34-39

森下昌三・望月龍也・野口裕司・曾根一純・山川 理. 1997. 促成栽培用イチゴ新品種「さちのか」の育

成経過と特性. 野菜茶試研報. 12: 91-115

森下昌三. 2014. イチゴの基礎知識. 誠文堂新光社. p29

荻原 勲・舟山瑞穂・平沢 正. 2003. イチゴ果実の成熟過程における「さちのか」および「とちおとめ」の光合成特性. 園学雑. 72 (別2): 161

吉田裕一. 2012. 農業技術体系野菜編. 3. イチゴ. 農山漁村文化協会. 基:49-51

和田義春・添野隆史・稲葉幸雄. 2010. 促成, 半促成栽培におけるイチゴ品種「とちおとめ」の高CO<sub>2</sub>施用濃度下の葉光合成速度促進に及ぼす光と温度の影響. 日作紀. 79(2): 192-197

## Summary

We investigated photosynthetic characteristics of strawberry cultivar 'Yumenoka' for environmental condition and leaf position. As a result, follows became clear.

1) The apparent photosynthetic rates under high light and medium light conditions were equivalent, and it was lower under low light condition than under high and medium light conditions at a CO<sub>2</sub> concentration of 200 ppm. The apparent photosynthetic rate of medium light was higher than low light and high light was higher than medium light at a CO<sub>2</sub> concentration of 400 ppm or more.

2) The second to 7th leaves showed a relatively high contribution rate of 10% or more respectively, and the 8th to 10th leaves showed low contribution rate of 15% in total, by calculating the photosynthetic contribution rate for each leaf position based on the leaf area, total amount of light received and photosynthetic rate at a CO<sub>2</sub> concentration of 400 ppm.