

酸素濃度による植物内のビタミンCの増減

静岡市立高等学校

1 研究目的

(1) はじめに

ビタミンCは一般に認知されている優れた栄養素のひとつであるが、安定な化合物ではないため他の影響で簡単に減少してしまう。よって「ビタミンC量を増やすこと」には大きな夢がある。

先行研究から、植物内では光合成で発生した活性酸素での酸化を防ぐためにビタミンCを生成している¹⁾。また、植物に降り注ぐ太陽光の強度が高まるにつれビタミンC量が増加することが知られている²⁾。つまり、太陽光の強度によってビタミンC量を制御できることがわかっている。

これらのことから、植物内のビタミンC量を制御する新たな方法として、酸素濃度に注目した。意図的に通常より酸素濃度の高い環境にした場合、植物内のビタミンCが増加するのではないかと考えた。

植物内のビタミンC量は還元型アスコルビン酸 (AsA) と酸化型アスコルビン酸 (DHA) の合計とされており、AsAは酸化されるとDHAに変化することが知られている³⁾。

(2) 目的

植物内のビタミンC量を増加させる

2 研究方法

(1) 実験I 滴定の終点を定め、酸素濃度の違いによるビタミンC量の変化の傾向を探る

ア 実験器具と材料

- ・豆苗 (市販品) ・水槽 ・酸素 (スプレー缶) ・酸素濃度計 (SPARK)
- ・遠心分離機 ・ビュレット ・ホールピペット (5.0mL)
- ・駒込ピペット (5.0mL, 2.0mL) ・コニカルビーカー ・0.0010mol/L KIO₃水溶液
- ・0.1mol/L KI水溶液 (2.0mL) ・1.0% メタリン酸 (5.0mL)
- ・1.0% デンプン水溶液 (2.0mL)

イ 手順

(ア) 通常の豆苗と、水槽をかぶせ酸素を追加(濃度32.1%)し、1日置いた豆苗を用意した。植物を育てるには時間がかかるため、実験では市販で手に入りやすく、根がついた状態で栽培を続けられる豆苗を使用した。通常時の酸素濃度は21.0%であった(Fig.1)。なお、酸素濃度の測定は酸素濃度計(SPARK)を用いた。

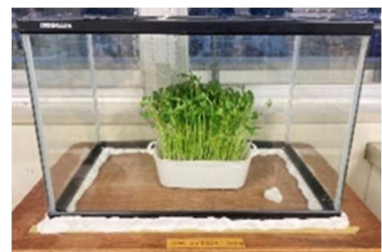


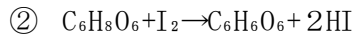
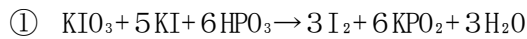
Fig.1 実験装置

(イ) 通常の豆苗を30g、酸素を追加した環境の豆苗を60g収穫し、それぞれ豆苗と同じ量の水を加えミキサーでペースト状にした。

(ウ) 紙フィルターでこし、濾液をさらに遠心分離機にかけて液体のみ抽出した。遠心分離機は回転数7500回、温度25℃、10分間で使用した。

(エ) それぞれのAsA量をヨウ素滴定によって調べ、比較した。

ウ ヨウ素滴定の原理



これらの酸化還元反応を利用してヨウ素滴定を行った。この滴定はビタミンCが酸化されやすい性質を利用したものでヨウ酸化カリウム (KIO_3) を滴下すると、ヨウ素 (I_2) と反応し還元型アスコルビン酸 (AsA) は酸化されて酸化型アスコルビン酸 (DHA) になる。②の反応全てが終わるとヨウ素が残るため、指示薬のデンプンにより青紫に変化し、滴定の終点を確認できる (Fig. 2)。また、これらの式から KIO_3 と $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ はモル比 1:3 で反応するため、滴定から反応した KIO_3 量をモルに変換し 1:3 の比例式にすることで $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ のモル濃度を求めることができる。



Fig. 2 今回の実験の滴定による色の変化と終点

(2) 実験Ⅱ 対照実験を行い、酸素濃度の違いによるビタミンC量の変化を調べる

ア 実験器具と材料

- ・豆苗 (市販品) ・水槽 ・酸素 (スプレー缶) ・酸素濃度計 (SPARK)
- ・遠心分離機 ・白色 LED ライト ・温度計 ・ダンボール ・ビュレット
- ・ホールピペット (5.0mL) ・駒込ピペット (5.0mL, 2.0mL) ・コニカルビーカー
- ・0.0010mol/L KIO_3 水溶液 ・0.1mol/L KI 水溶液 (2.0mL) ・1.0% メタリン酸 (5.0mL)
- ・1.0% デンプン水溶液 (2.0mL)

イ 手順

- (ア) 水槽をかぶせただけの豆苗 30g と、酸素 (濃度 39.4%) を追加した水槽内に置いた豆苗 60g を用意した (Fig. 3)。
- (イ) 場所による日光量の差が出ないように、両方に白色 LED ライトを当て、日光を遮るために段ボールをかぶせ 1 日放置した (Fig. 4)。
- (ウ) それぞれ水を加え 1 分 30 秒間ミキサーでペースト状にした。ミキサーをかけることで、植物内の細胞を傷つけビタミンCが減少してしまうため豆苗の細断時間を統一した。
- (エ) 紙フィルターでこし、濾液をさらに遠心分離機にかけて液体のみを抽出した。遠心分離機は回転数 7500 回、温度 25°C、10 分間で使用した。
- (オ) それぞれの AsA 量を滴定によって調べ、比較した。



Fig. 3 実験装置



Fig. 4 実験装置

3 得られた結果

(1) 実験 I

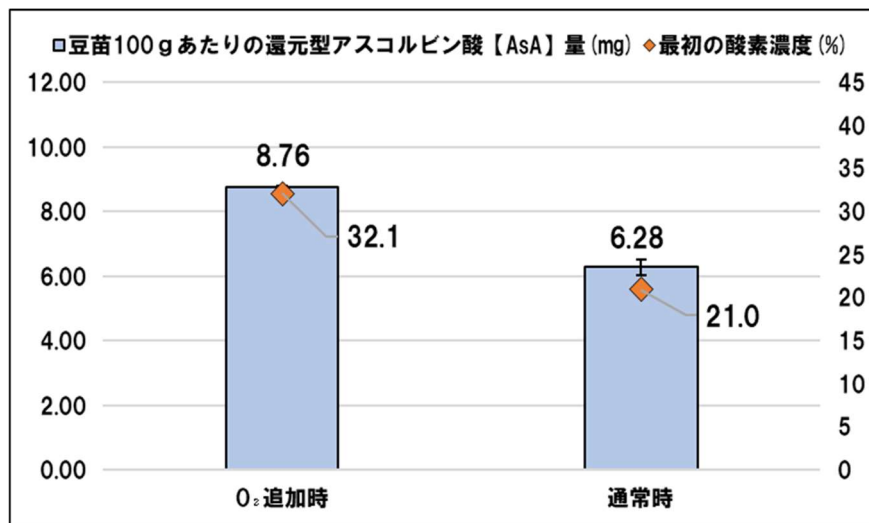


Fig.5 実験Iの結果

滴定の結果から Fig.5 のように、酸素濃度 21.0%の豆苗は 100g あたり 6.28mg、酸素濃度 32.1%の豆苗は 100g あたり 8.76mg の AsA が存在することが分かった。酸素濃度が高い環境の豆苗の方が、通常の豆苗より AsA 量が 2.48mg 多かった。

(2) 実験 II

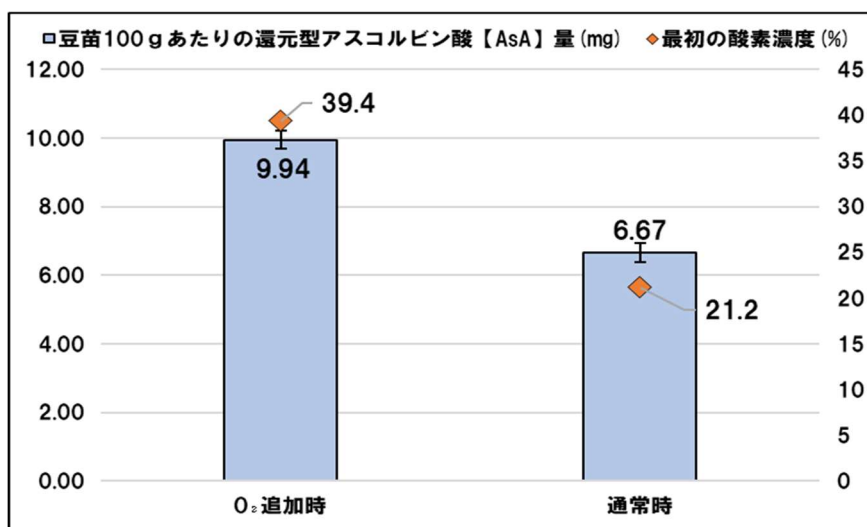


Fig.6 実験IIの結果

実験時の水槽内の気温はどちらも 24.8°Cであった。滴定の結果から Fig.6 のように、酸素濃度 21.2%の豆苗は 100g あたり 6.67mg、酸素濃度 39.4%の豆苗は 100g あたり 9.94mg の AsA が存在することが分かった。酸素濃度が高い環境の豆苗の方が、通常の豆苗より AsA 量が 3.27mg 多かった。

4 考察

今回の結果から、酸素濃度を上昇させることで植物内のビタミンC量が増加することが分かった。空気中の酸素濃度を増やしたことで、生体防御反応として植物が酸化されるのを防ぐためにビタミンC (AsA) を多く生成したと考えられる。太陽光の強度によってビタミンC量の制御ができることが知られているが、酸素濃度でビタミンC量を制御できる可能性を見いだせたのは新たな発見である。

豆苗の成分表を見ると、100g あたり 79mg のビタミンC が含まれていることが分かる。しかし、今回の実験では、最大でも 9.94mg しか定量することができなかった。このことから、豆苗を液体にするときにミキサーを用いたため、細胞を多く傷つけてしまい、還元型アスコルビン酸 (AsA) が酸化型アスコルビン酸 (DHA) に変化したと思われる。そのため、今回の滴定で AsA 量を測定しても成分表示どおりの数値が得られなかったのではないかと考えられる。4) しかしながら、条件をそろえて対照実験を行っているため、還元型アスコルビン酸 (AsA) 量のみの測定でも十分信頼できる結果だと考えている。

5 結論

空気中の酸素濃度を上げることによって、植物内のビタミンC量は増加する

6 展望

植物内の還元型アスコルビン酸をできるだけ多く残しながら滴定で測定する実験方法を考えたい。メタリン酸はアスコルビン酸の空気酸化を防ぐために使われていることから、追加の実験として、水の代わりにメタリン酸を用いてミキサーにかけて滴定した結果、濾液の色が実験Ⅰ、実験Ⅱより薄くなったが、ビタミンC量に変化はなかった。この実験結果から、植物内のビタミンC量を測定する実験において、水とメタリン酸をどのように調節すればより良い滴定ができるのか調べていき、同じような研究をする際の1つの手法として確立していきたい。

7 参考文献

- 1) 島根大学生物資源科学部生命科学科, 石川孝博, 講義内容
- 2) 島根大学生物資源科学部生命科学科, 丸田隆典, 2021, 「ビタミンC代謝と植物の環境ストレス順応」
- 3) 日本食品標準成分表 (八訂) 増補 2023 年
- 4) 桐渕壽子, 食品中のビタミンCの測定, 日本調理科学会誌 28 巻 3 号 p210-216