

人工環境における食料生産

Vegetable Production in Artificial Environment

京都大学農学研究科
農業システム工学研究室

清水 浩



本日の内容

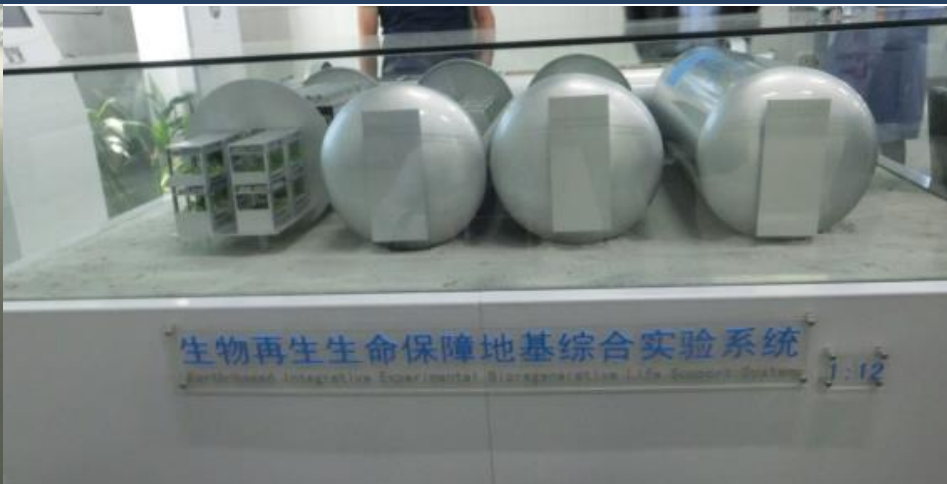
1. 植物工場の概要
2. 光環境による機能強化
3. 温度環境による機能強化
4. 遺伝子組み換えによる機能強化
5. 養液制御による機能強化
6. 今後の展開



ISSでの野菜生産実験



北京航空航天大学での実験



本日の内容

1. 植物工場の概要
2. 光環境による機能強化
3. 温度環境による機能強化
4. 遺伝子組み換えによる機能強化
5. 超音波受粉装置の開発
6. 今後の展開

植物工場の概要

植物生産システムの 카테고리

1. 畑, 田, 園, 山地
2. 従来型園芸施設
(トンネル, ハウス, 温室など)
3. 自然光型植物工場(太陽光利用型)
(統合環境制御を行っているもの)
4. 人工光型植物工場(完全制御型)

植物工場

植物工場の定義(日本生物環境工学会)

環境調節や自動化などハイテクを利用した植物の周年栽培システム

太陽光利用型と完全制御型

植物工場には大きく分けて2つのタイプがある



太陽光も利用しながら、人工光で補光するタイプの植物工場



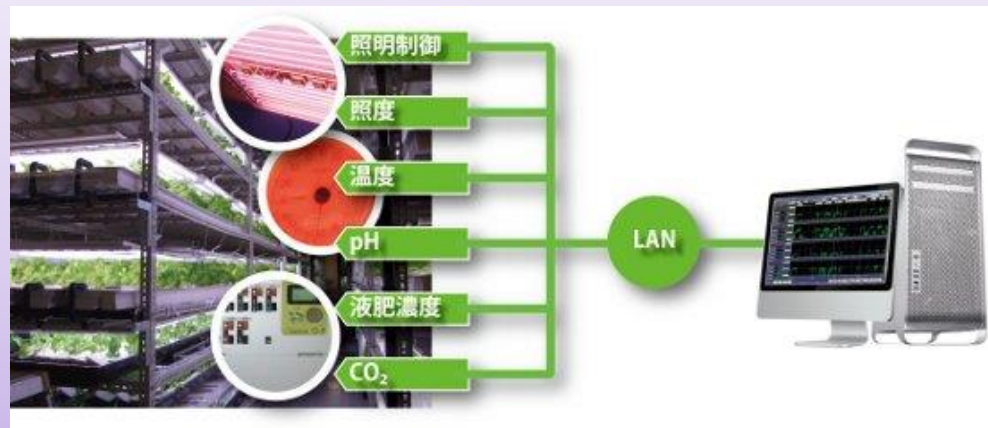
人工光のみを光合成のエネルギー源とするタイプの植物工場

植物工場の特徴

- 従来の土地利用農業
 - 勘と経験に頼る



- 植物工場
 - 生長の定量化
 - 計画生産
 - 収量予測



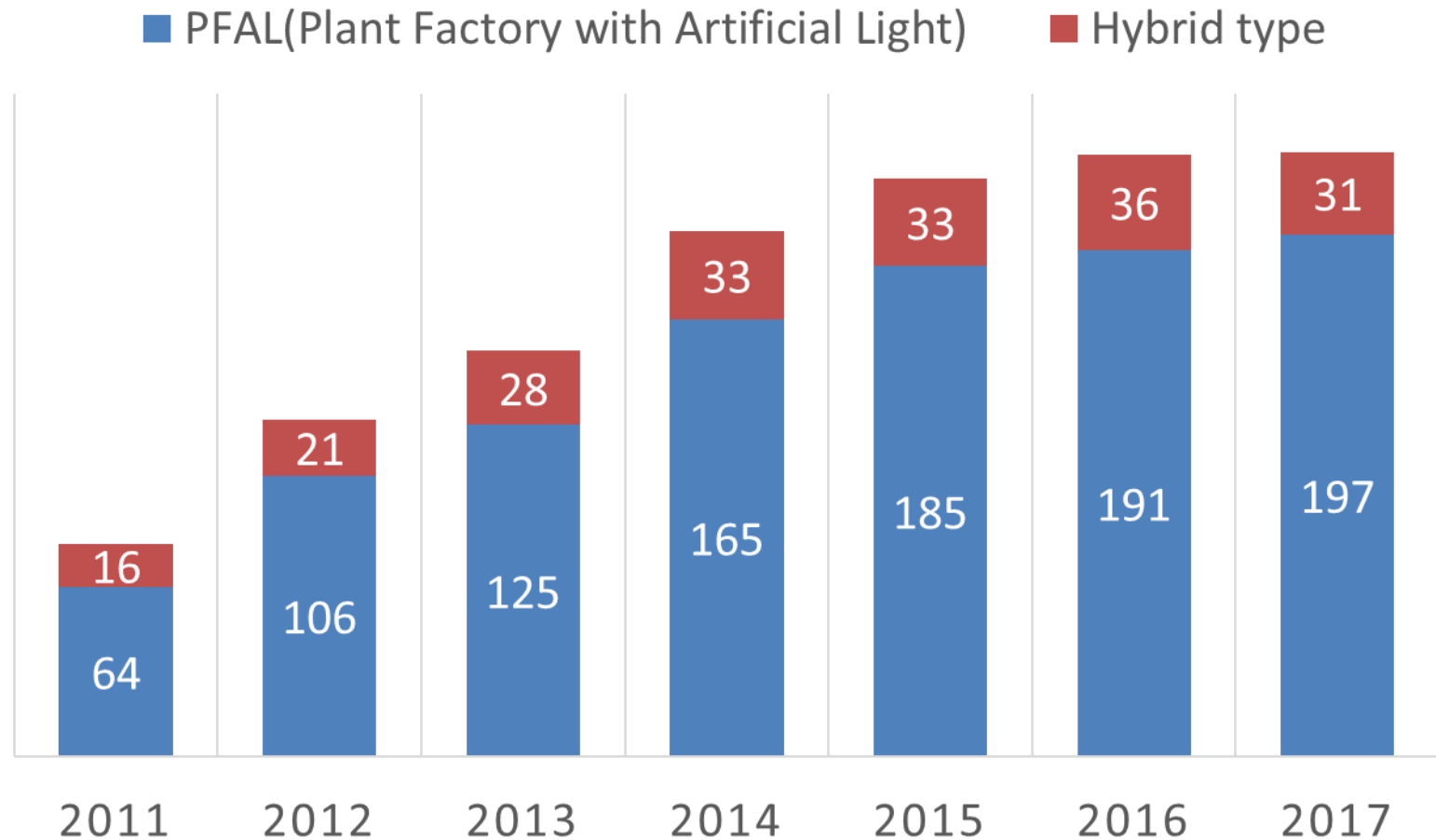
露地栽培と比較したときの植物工場のメリット

構造的な特徴	効果
外界から遮断	天候に左右されない
	設置場所を自由に選べる
	定量・周年栽培
	労働の周年平均化
	農薬が不要
発熱の少ない光源の採用	多段化による土地生産性の向上



経営的な面からのメリット	
供給の観点	価格が安定(一年を通して)
	量が安定
品質の観点	無農薬栽培
	細菌が少ないので日持ちがよい
経営の観点	どこにでも設置可能
	作業環境がよい
	労働の周年平均化

植物工場の設置数





Panasonic



環境制御の観点から見た栽培形態の特徴

露地栽培



従来型施設栽培



太陽光利用型植物工場



いずれの栽培形態も植物の栽培には太陽光を利用している。

しかし、太陽光は人間がコントロールすることはできない。

完全制御型植物工場の優位性

太陽光利用型植物工場



完全制御型植物工場



1. これまでの農業では光環境は人為的にコントロールすることが不可能であったが、植物工場ではそれが可能に！
2. つまり、すべての環境要因を人間が制御できるようになった。
3. 従来の農業(施設園芸)の延長上にはない画期的な技術革新である。既成概念から飛び出したブレークスルーの可能性！
 - ① 日長 (約10~14.5時間)
 - ② 一日の長さ (24時間)
 - ③ 光質 (太陽光スペクトル)
 - ④ 光強度 (最大でPPF2000)
 - ⑤ パルス光 (連続光)
 - ⑥ 照射方向 (基本は上から)
 - ⑦ ...

今後の展開

露地野菜との差別化



露地野菜では作れない野菜の生産

- 高機能野菜
- 医薬品原材料
- サプリメント

本日の内容

1. 植物工場の概要
2. 光環境による機能強化
3. 温度環境による機能強化
4. 遺伝子組み換えによる機能強化
5. 超音波受粉装置の開発
6. 今後の展開

光環境による機能強化

青色光の植物の生長に与える影響 (1)

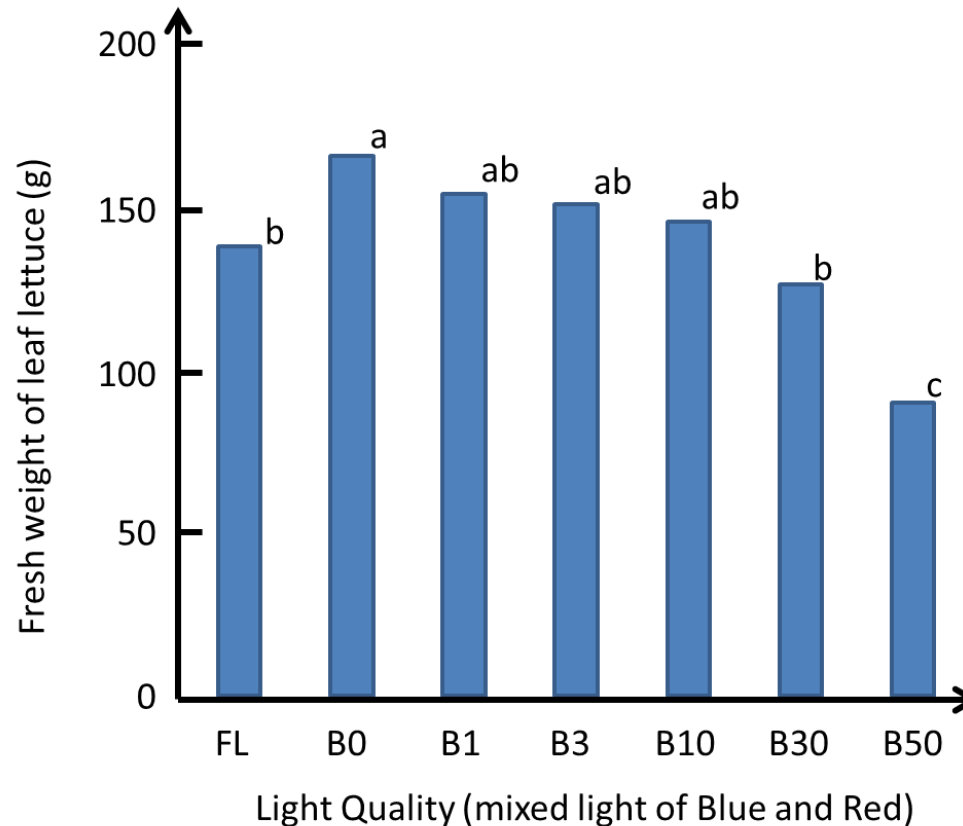
青／赤の混合光

PPF: $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

PP: 16 hrs

生体重

Red Fire



光質が生体重に与える影響
(modified from Oshima *et al.*, 2011)

青色光の植物の生長に与える影響 (2)

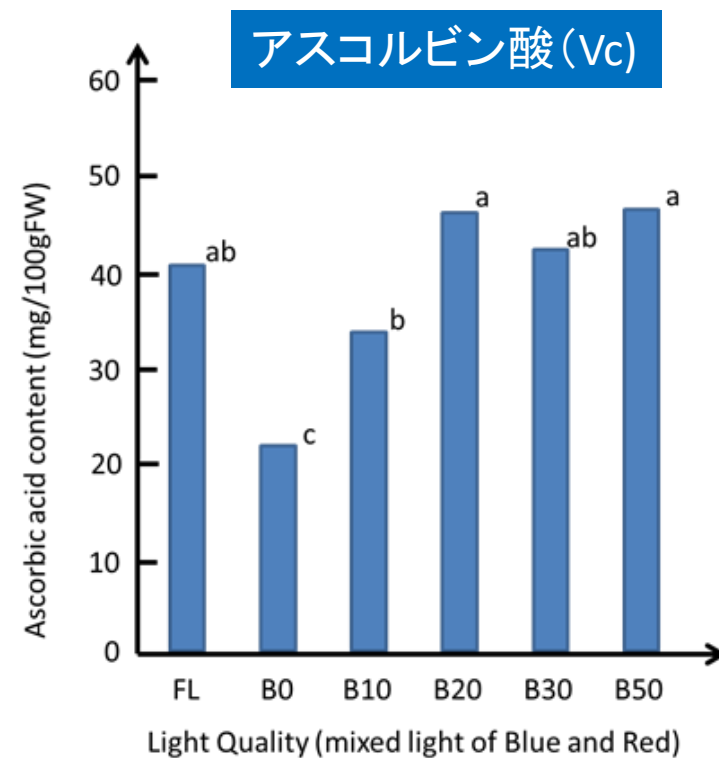
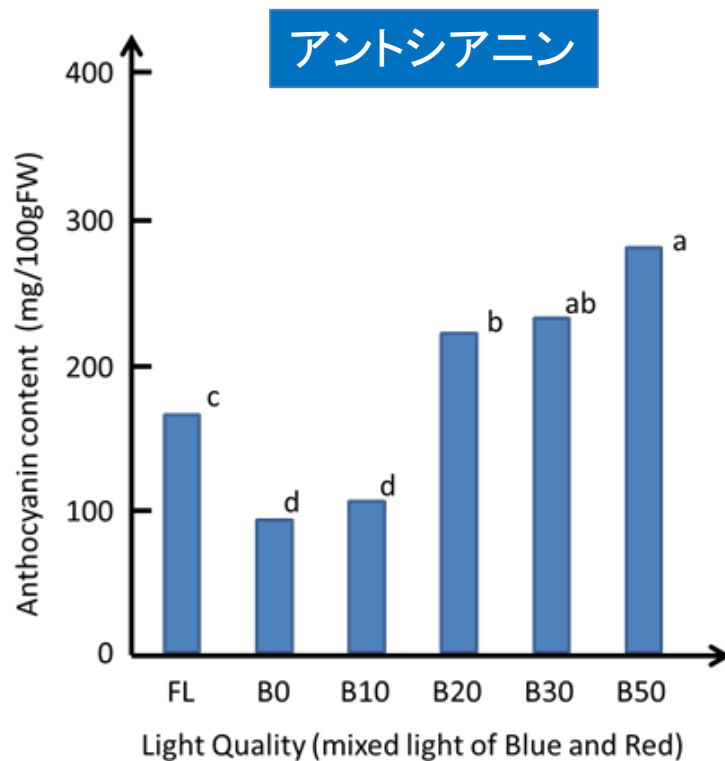
機能性成分

Red Fire

PPF: $200\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

PP: 16 hrs

B0 は生合成を抑制する

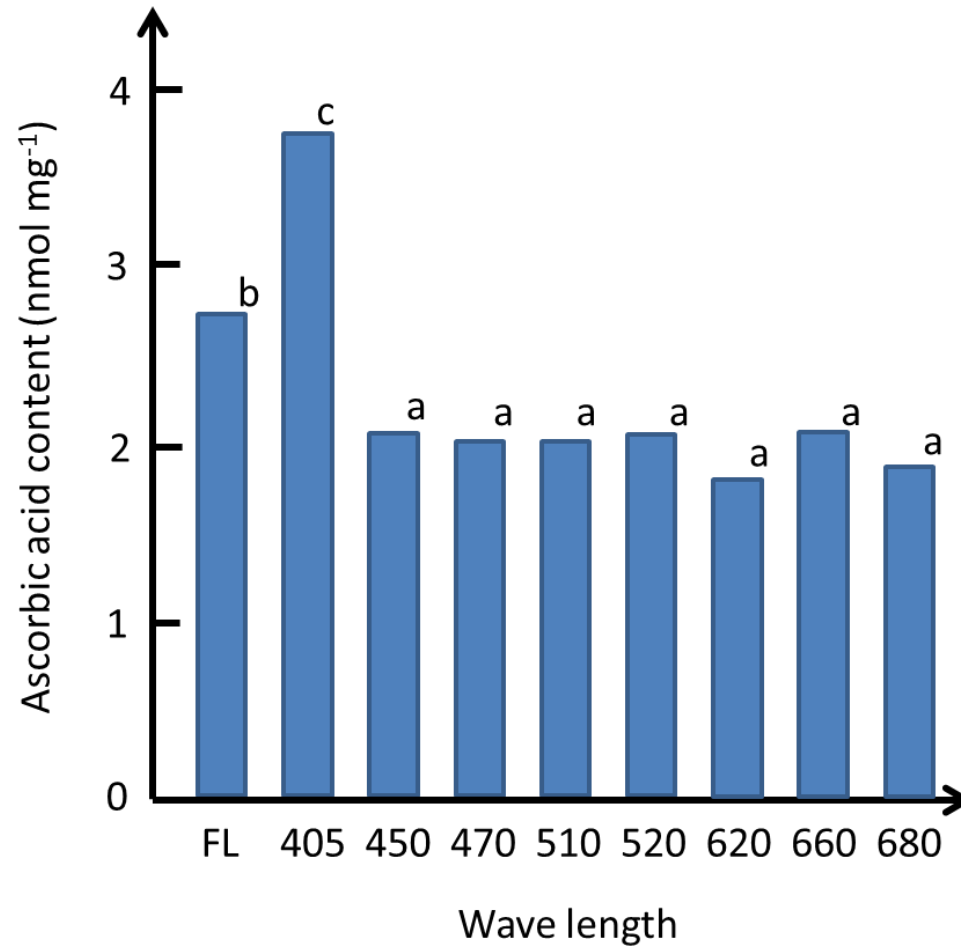


光質がアントシアニンおよびアスコルビン酸含量に与える影響
(modified from Oshima *et al.*, 2011)

青色光の植物の生長に与える影響 (3)

PPF: $200\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
PP: 24 hrs
8種類の光質
405nmに特異的に反応

Komatsuna



光質が小松菜のアスコルビン酸含量に与える影響
(modified from Kitazaki *et al.*, 2011)

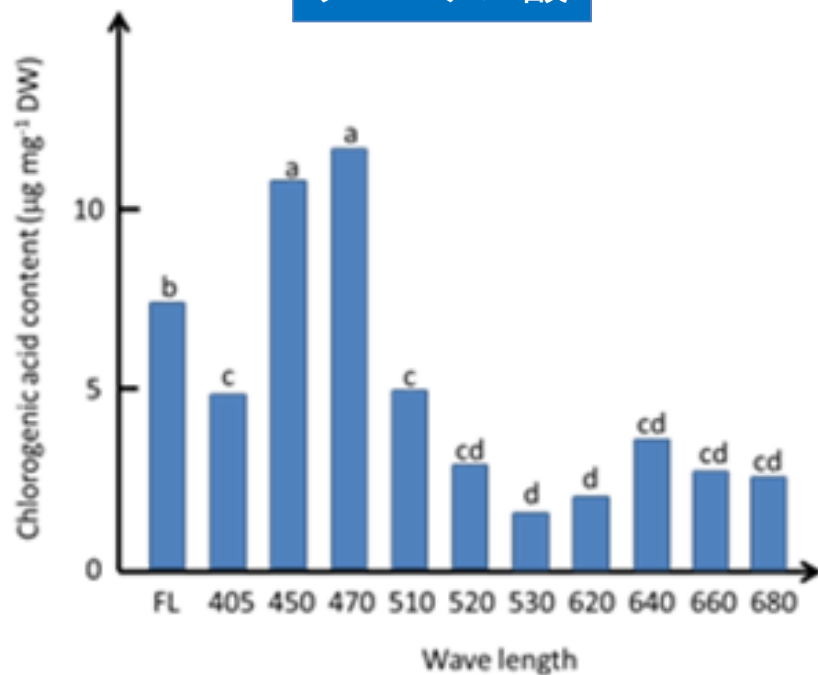
青色光の植物の生長に与える影響 (4)

PPF: $300\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

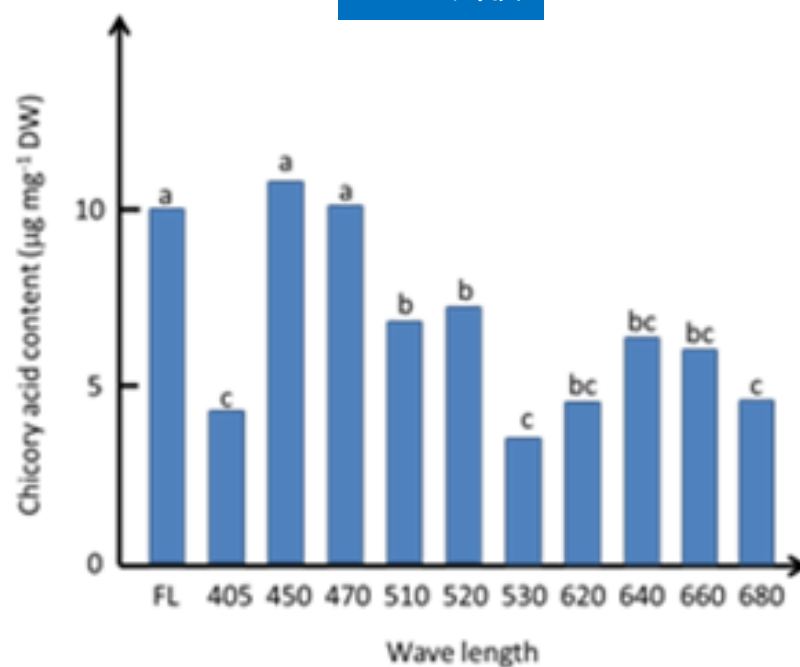
抗酸化作用

Redfire

クロロゲン酸



チコリ酸

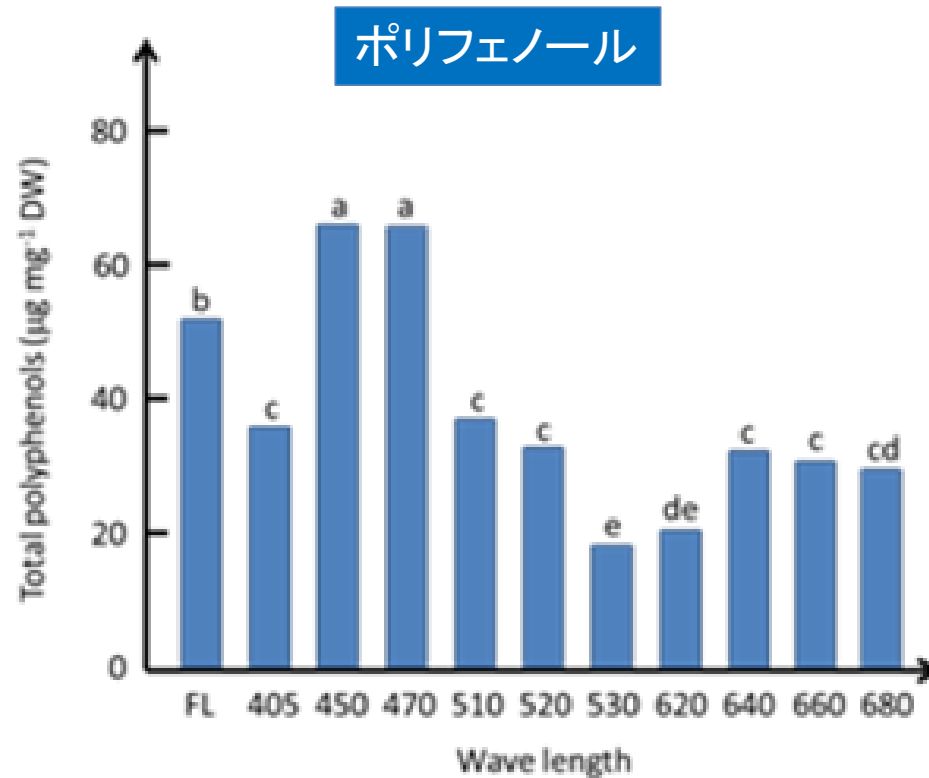


光質がクロロゲン酸とチコリ酸含量に与える影響
(modified from Shoji *et al.*, 2011)

青色光の植物の生長に与える影響 (5)

PPF: $300\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Redfire



光質がポリフェノール含量に与える影響
(modified from Shoji *et al.*, 2011)

緑色光による病害抵抗性の向上

病害抵抗性 ← ジャスモン酸 ← AOS, LOX(生合成に関する遺伝子)

アレノキシドシンターゼ (AOS)

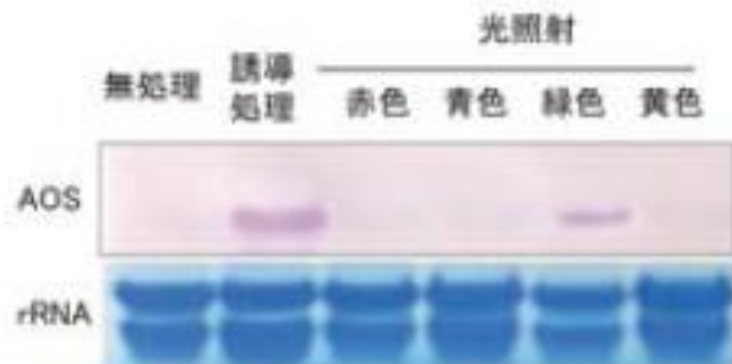


図1 光照射によるトマト AOS 遺伝子の発現誘導
無処理：暗所放置、誘導処理：傷処理
光照射：LED による照射

リポキシゲナーゼ (LOX)

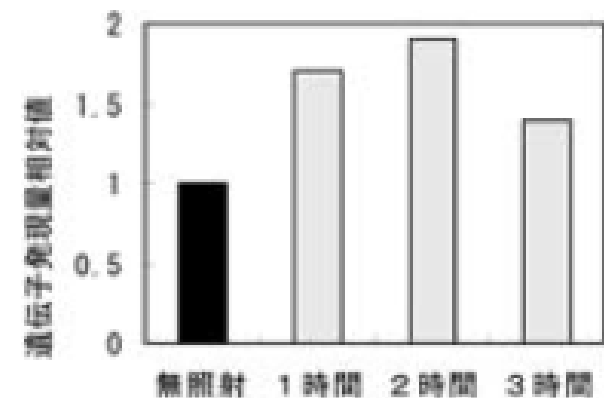
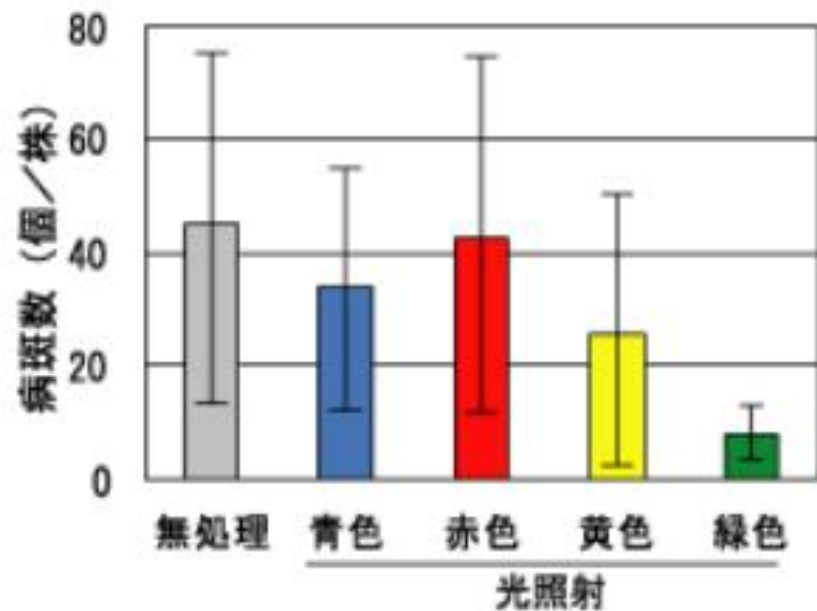


図2 緑色光照射によるトマト LOX 遺伝子の発現誘導

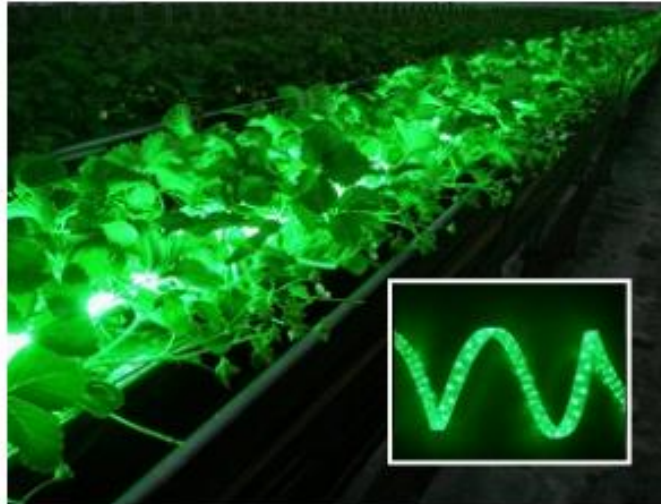
緑色光による病害抵抗性の向上

イチゴ炭そ病への効果：



緑色光による病害抵抗性の向上

緑色光のイチゴ栽培への応用



UV光による免疫機能の活性化

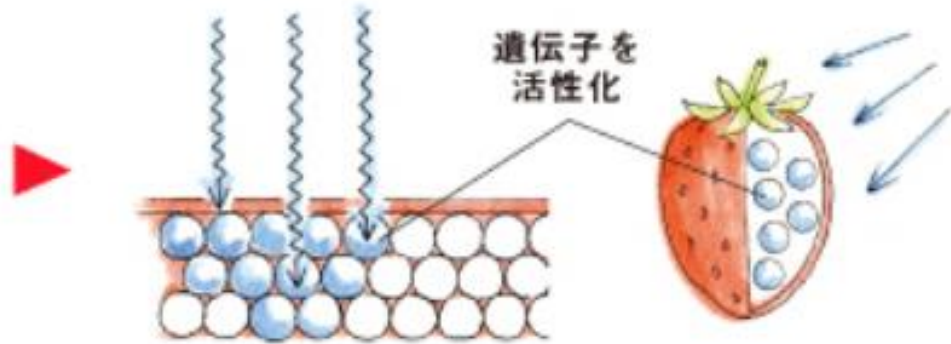


UV光による免疫機能の活性化

1 特殊な波長の光を照射し



2 適度な刺激により免疫機能が活性化され



3 うどんこ病の発生を抑えます



UV光による免疫機能の活性化

タフナレイ未照射区



かなりの割合で
うどんこ病
の発生が見られます。

タフナレイ照射区



うどんこ病の発生は
ほとんど見られません。

本日の内容

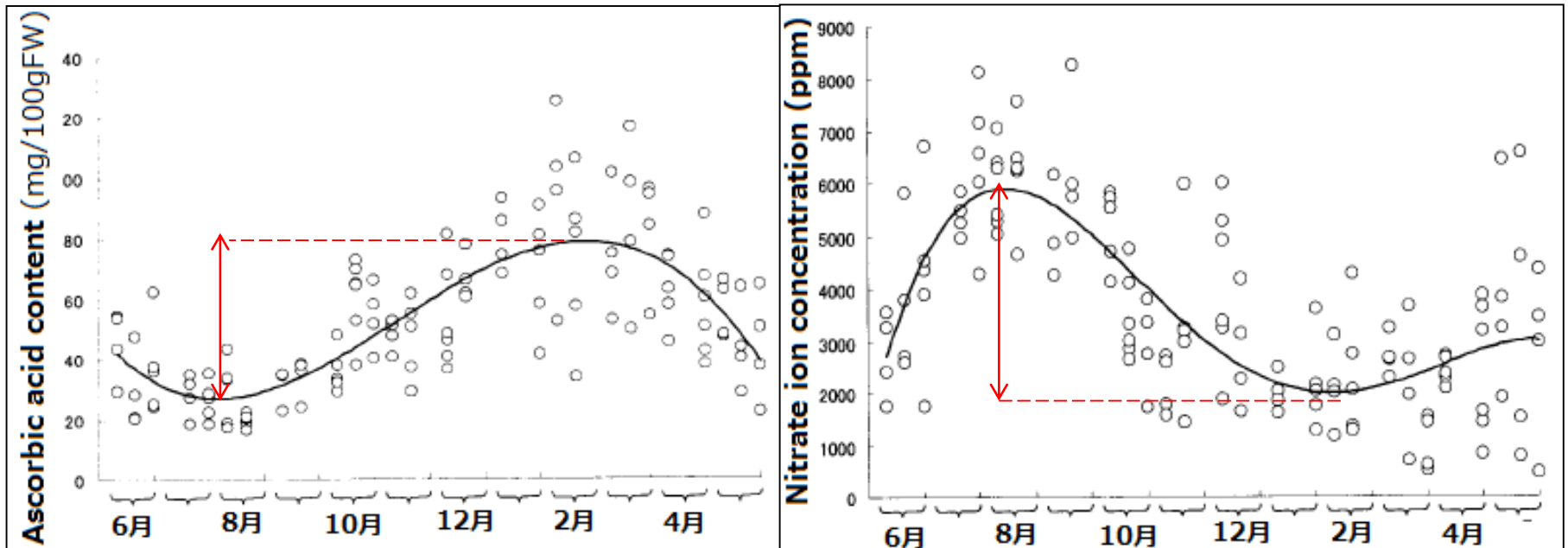
1. 植物工場の概要
2. 光環境による機能強化
- 3. 温度環境による機能強化**
4. 遺伝子組み換えによる機能強化
5. 超音波受粉装置の開発
6. 今後の展開

温度環境による機能強化

根圏低温ストレス反応を利用した機能性向上

ホウレンソウ栽培の課題

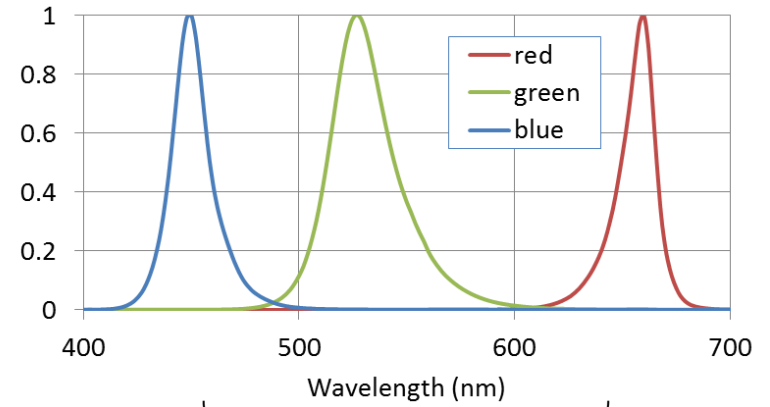
露地ホウレンソウの栄養価の周年変動



アスコルビン酸(ビタミンC)

硝酸イオン濃度

実験装置および実験方法

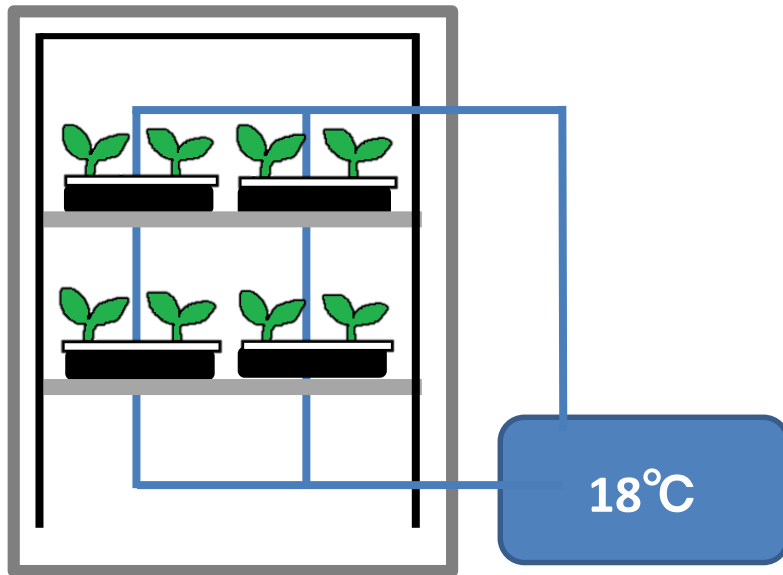


PPFD : $200 \mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$

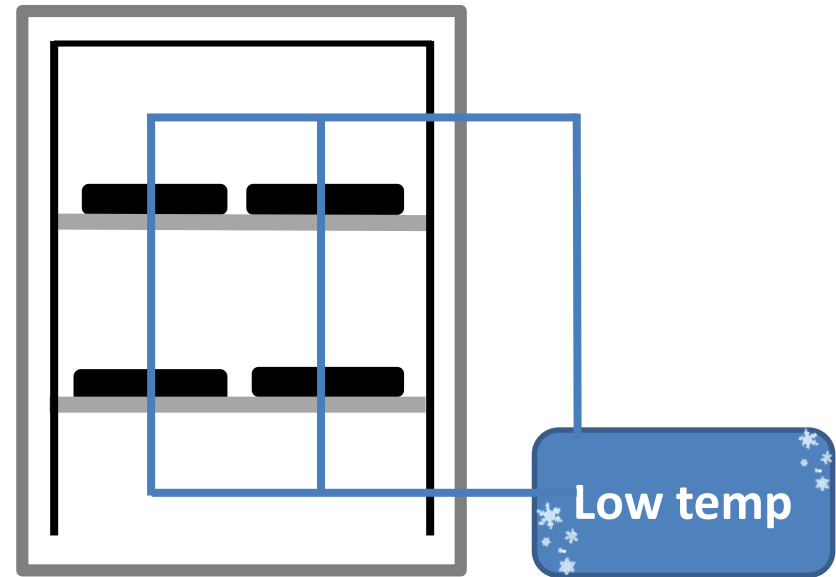


実験装置および実験方法

Control



Low Temperature



	Control	Low temperature
室温(明期/暗期)	23/18 °C	23/18 °C
明期長	14 h	14 h
光強度(PPFD)	200 $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$	200 $\mu\text{molm}^{-2} \text{s}^{-1}$
養液温度	18 °C	4, 6, 10, 14 °C

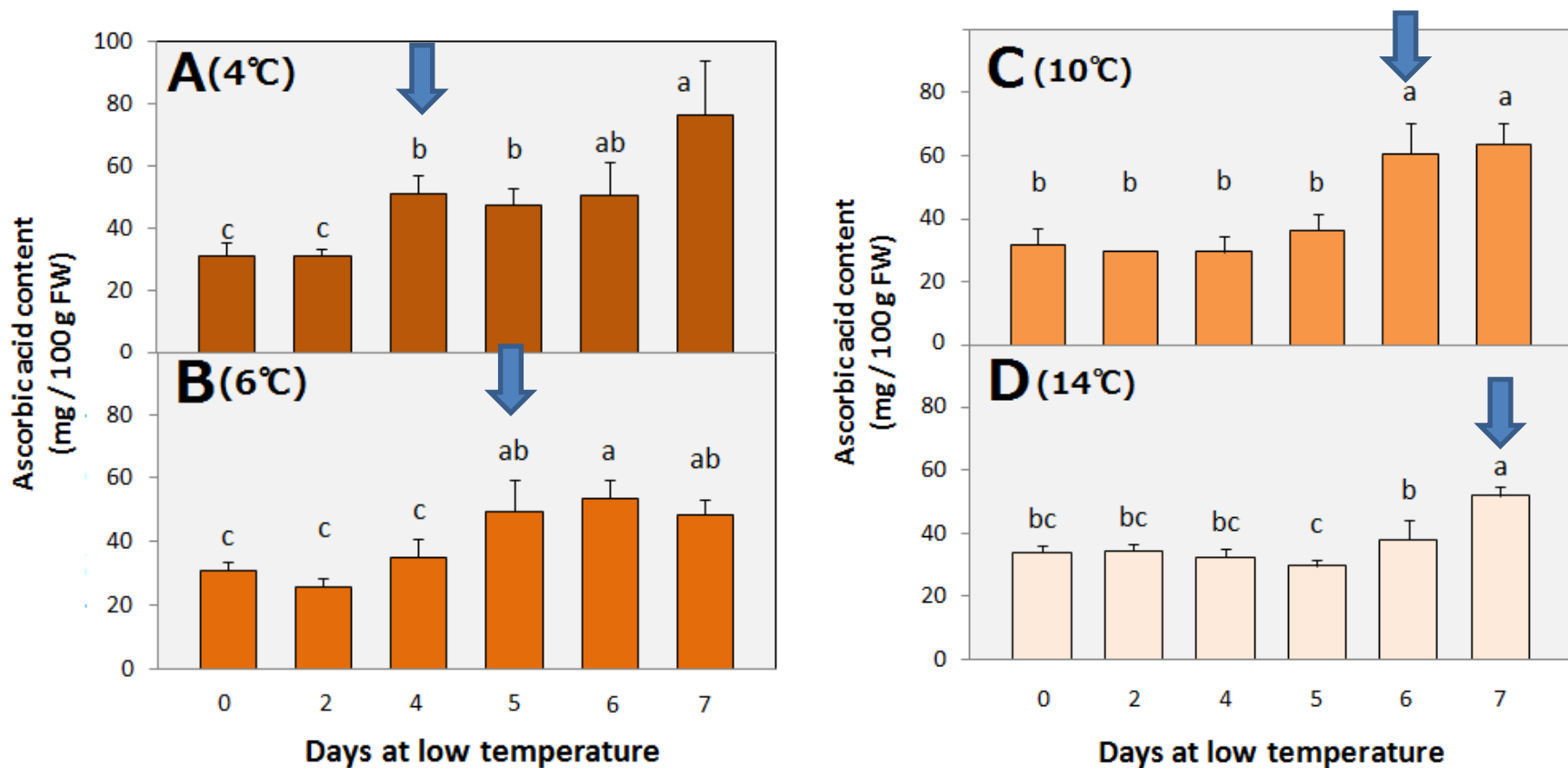
実験条件

養液温度と低温日数が異なる全24条件下で実験を実施

Temperature (°C)	Days at low temperature					
	0	2	4	5	6	7
4						
6						
10			24 data (n=5)			
14						

実験結果

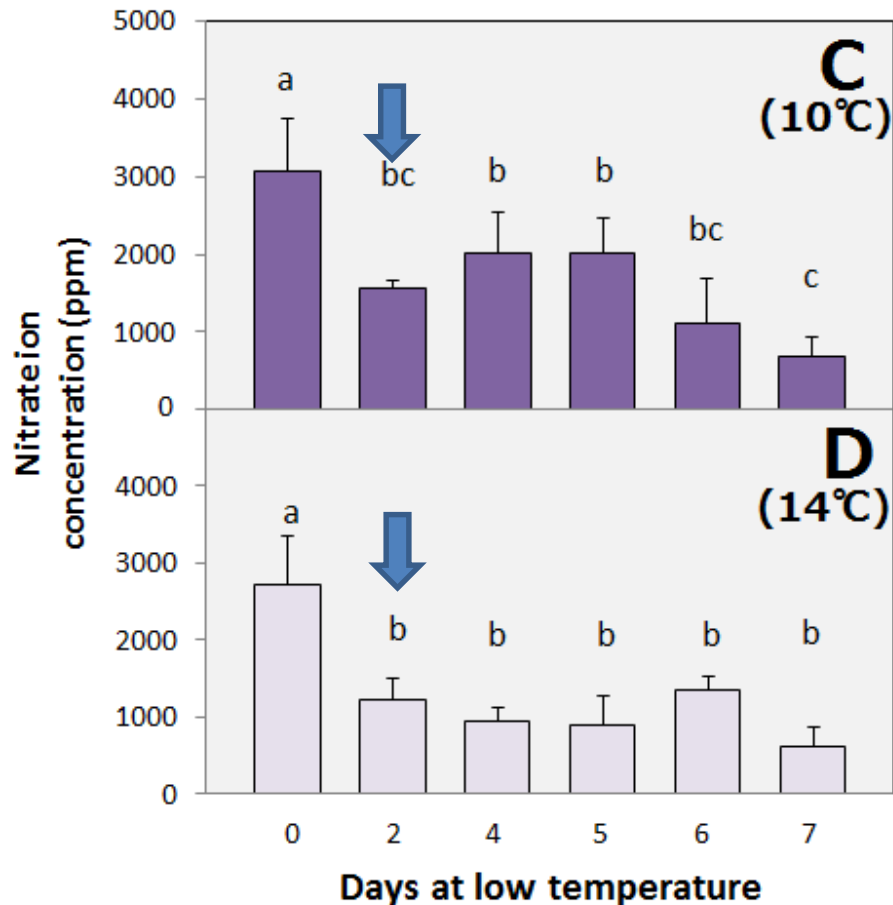
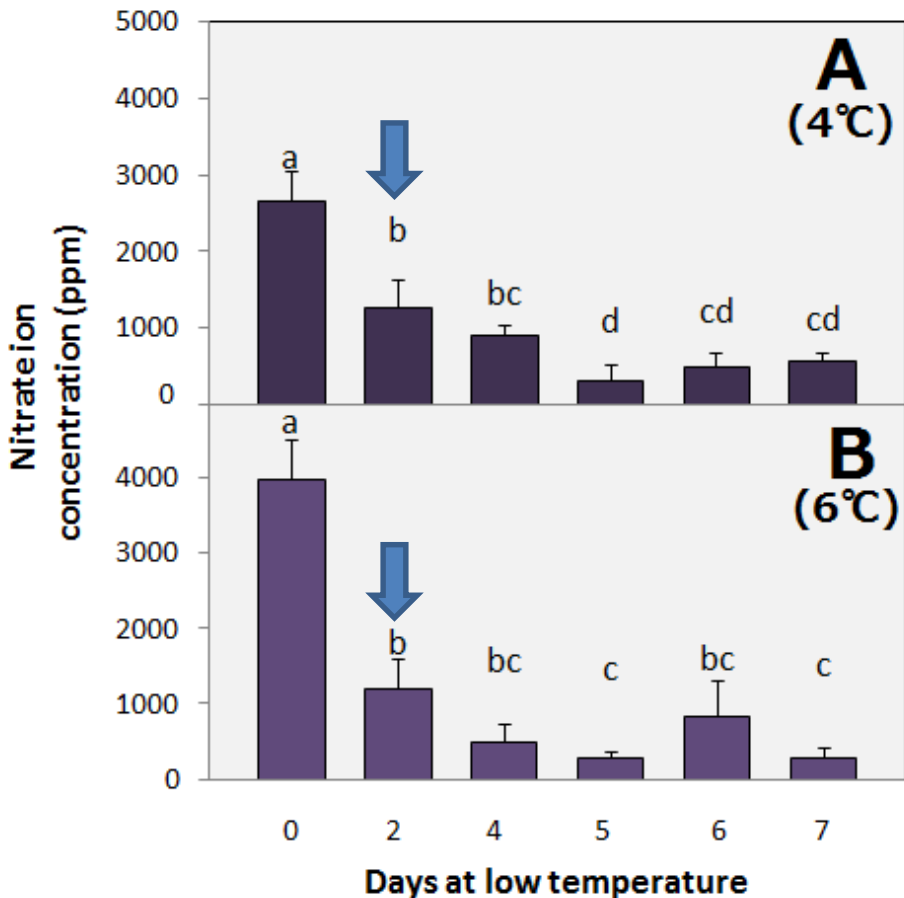
各養液温度下で異なる期間の根圏低温処理がアスコルビン酸含量に与える影響



養液温度4°Cでは低温処理4日で、6°Cでは5日で、10°Cでは6日で、14°Cでは7日で、アスコルビン酸含量はそれぞれ有意に増加した。

実験結果

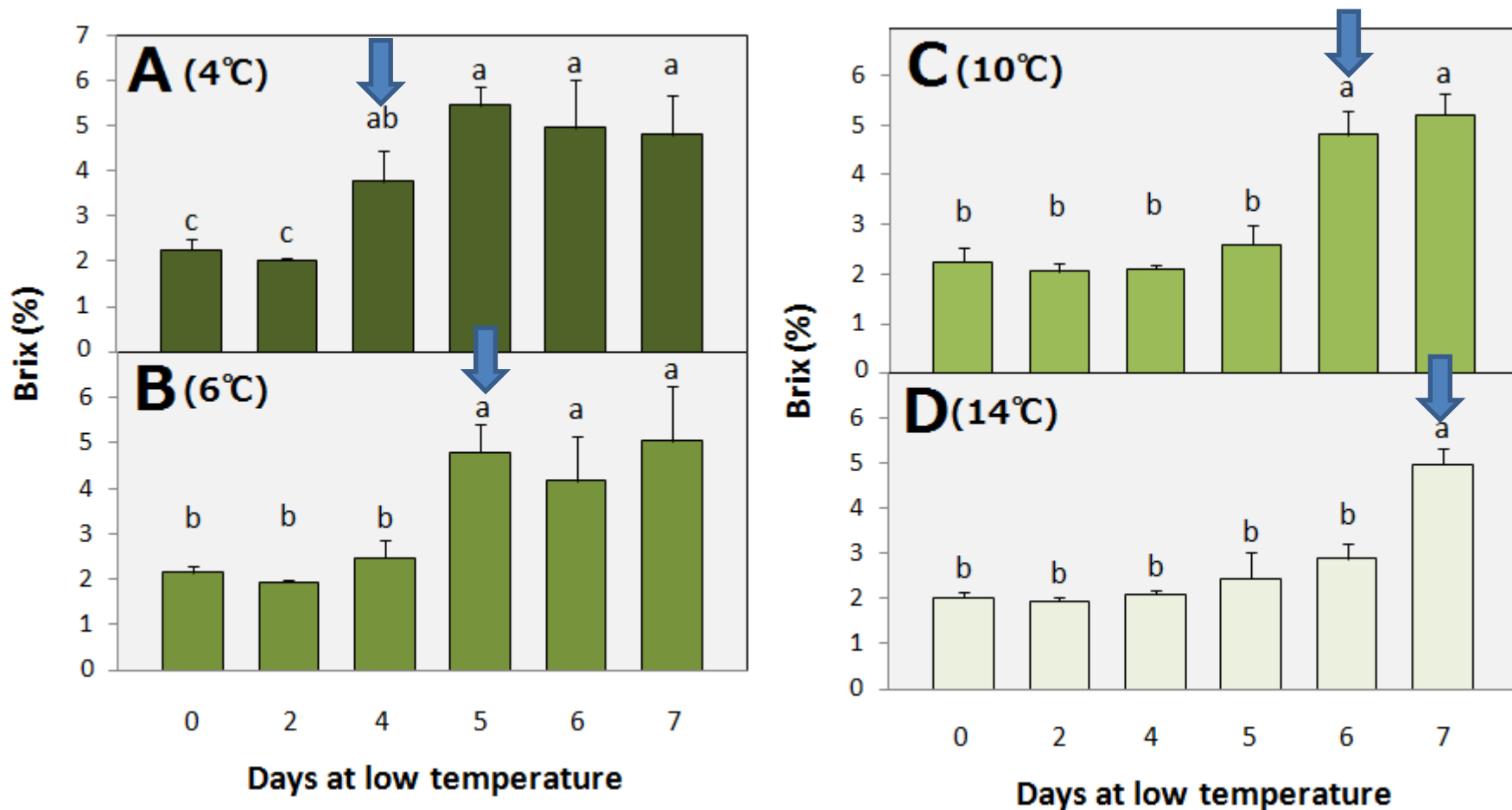
各養液温度下で異なる期間の根圏低温処理が硝酸イオン濃度に与える影響



いずれの養液温度下でも、低温処理日数2日で硝酸イオン濃度はControl区（低温処理日数0日）の約半分の値まで有意に減少した。

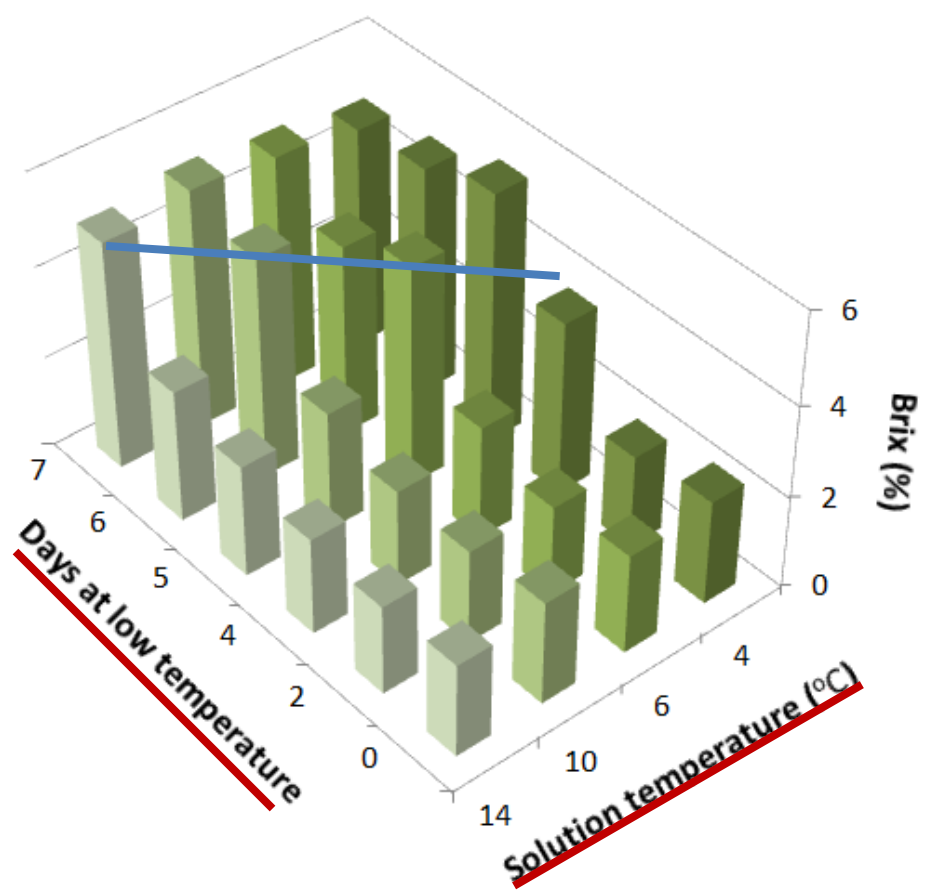
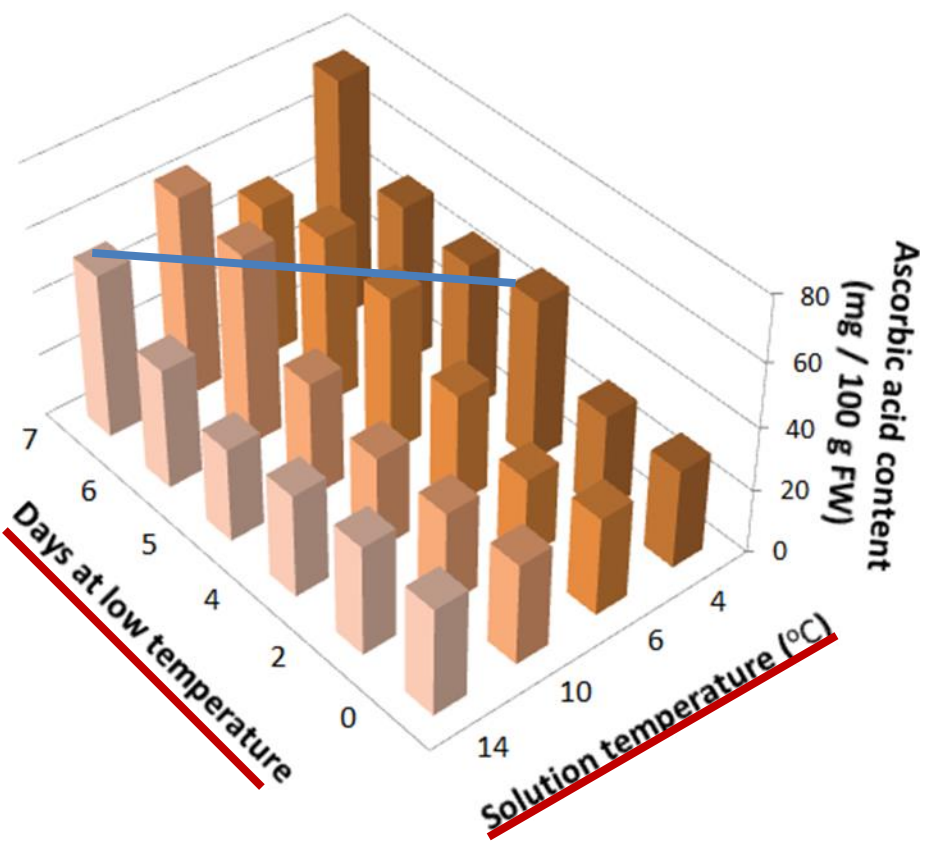
実験結果

各養液温度下で異なる期間の根圏低温処理が糖度に与える影響



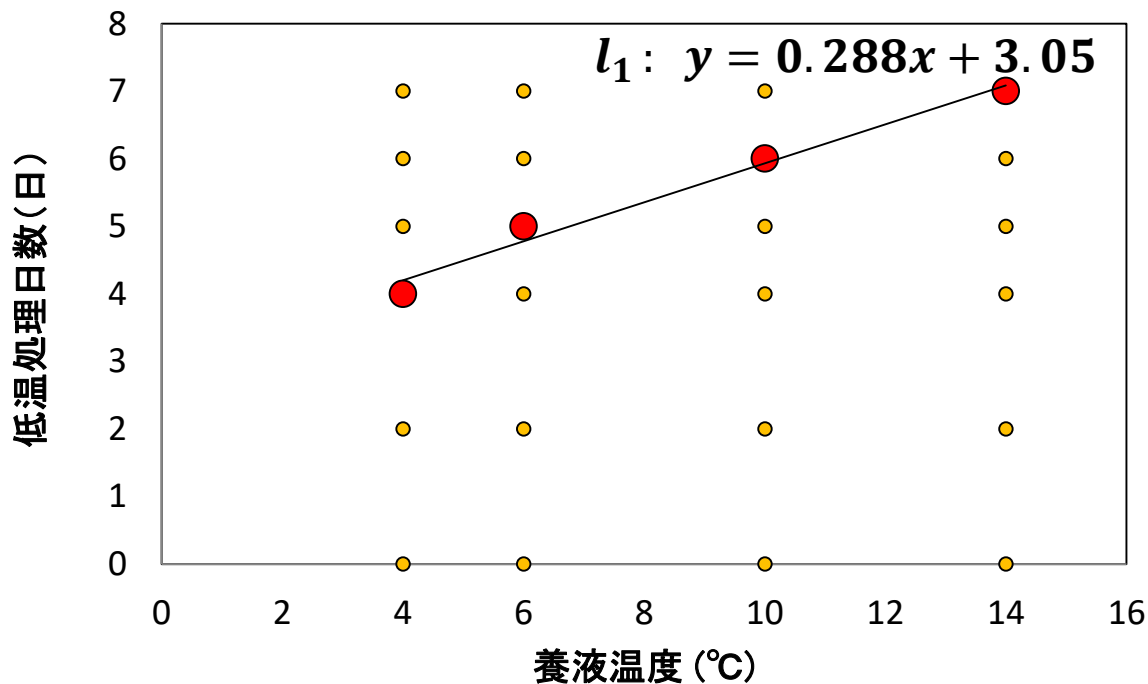
養液温度4°Cでは低温処理4日で、6°Cでは5日で、10°Cでは6日で、14°Cでは7日で、糖度はそれぞれ有意に増加した。

実験結果



実験結果

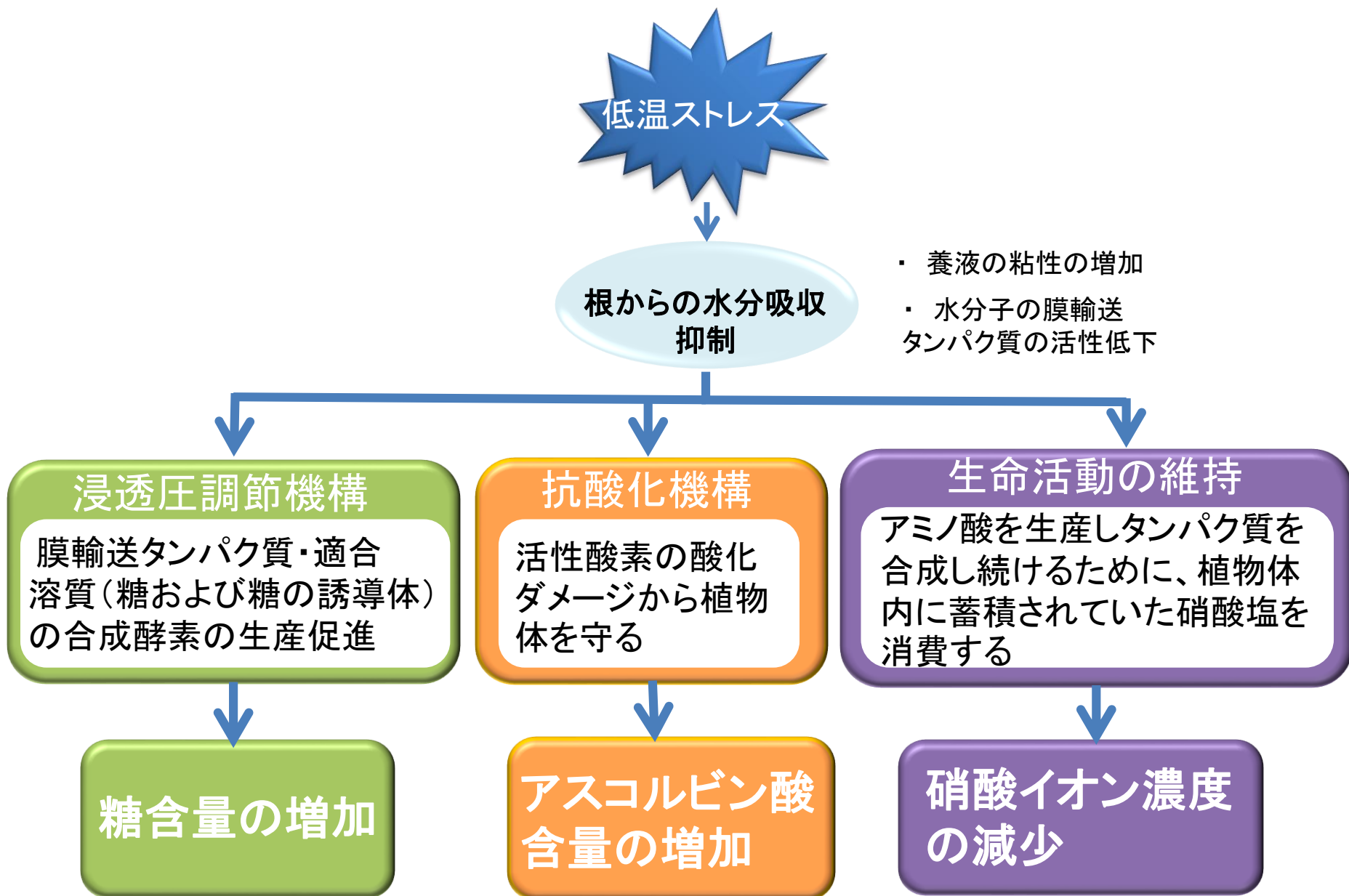
低温処理時の養液温度と成分含量が有意に増加した低温処理日数との関係



養液温度(x)と成分含量が増加した低温処理日数(y)との関係式

$$y = 0.288x + 3.05$$

低温ストレスへの植物体の反応



本日の内容

1. 植物工場の概要
2. 光環境による機能強化
3. 温度環境による機能強化
- 4. 遺伝子組み換えによる機能強化**
5. 超音波受粉装置の開発
6. 今後の展開



遺伝子組換えによる機能強化 (医薬品原材料の生産)

遺伝子組換え作物による有用物質生産

有用物質生産(イヌインターフェロン)



栽培室Aのイチゴ栽培

この植物工場では、イヌインターフェロンの遺伝子を導入したイチゴを栽培し、イヌ歯周病治療薬を製造している。インターフェロンとは、細菌やウイルスに感染したときに細胞から分泌されるタンパク質のこと。イチゴを使うのは、組織培養や栽培のノウハウがあることや、種子からではなく、根・茎・葉などの栄養器官から植物を繁殖させる栄養繁殖が可能なためだ。工場では、1年間に300kgのイチゴを生産し、100万匹以上のイヌに与えるインターフェロンを製造できる。



イヌインターフェロンを含むイチゴと製剤イメージ。(写真提供・産総研植物分子工学研究グループ)

動物用医薬品


2.75 g


インターフェロン α 製剤
♡ インターベリー α [®]
InterBerry α

成分及び分量 (1g 中)

改変イヌインターフェロン アルファ-4 発現イチゴ果実
凍結乾燥粉末 (遺伝子組換え)

(改変イヌインターフェロン アルファ-4 として)
… $1.0 \times 10^3 \sim 1.2 \times 10^3$ LU

製造販売  **ホクサン株式会社**
北海道北広島市北の里27番地4

販売  **DSファーマアニマルヘルス株式会社**
大阪市中央区本町2-5-7

インターフェロン α 製剤
♡ インターベリー α [®]
InterBerry α

動物用医薬品
2.75g × 1 袋入

インフルエンザワクチン

北里研究所の生物製剤研究所(埼玉県北本市)では、独立行政法人産業技術総合研究所の北海道センター(北海道札幌市)との共同で、経済産業省による戦略的技術開発委託事業(植物機能を活用した高度モノ作り基盤技術開発/植物利用高付加価値物質製造基盤技術開発に係るもの)により、遺伝子組換えジャガイモを用いた経口投与型インフルエンザワクチンを開発した。



NHK「かぶん」ブログ

Science & Culture

NHK科学文化部(かぶん)のブログです。
科学と文化の専門記者が取材した最新の話題をお伝えます。

[≪前の記事](#) | [トップページ](#) | [次の記事](#) ≫

2016年02月28日 (日)

[タバコの葉からインフルエンザワクチン 臨床試験へ](#)



タバコの葉にインフルエンザのワクチンの成分を作り出す遺伝子を組み込み、収穫した葉からワクチンを製造する技術を日本の製薬会社が開発し、来年にもアメリカで最終の臨床試験が行われることになりました。製造期間が従来の3分の1以下に短縮可能で、専門家は新型のウイルスが出現した際に迅速に対応できる可能性があるとしています。

インフルエンザのワクチンは現在、主にニワトリの卵の中でウイルスを培養して作っていますが、製造期間が6か月ほどかかるほか、卵の中でウイルスの遺伝子が変異し、効果が低くなることがあります。こうした問題を解決しようと、「田辺三菱製薬」はワクチンの成分を作り出す遺伝子をタバコの葉の中に組み込み、収穫した葉から抽出することでワクチンを製造する技術を開発しました。

タバコの葉は1か月ほどで成長するため、製造期間を従来の3分の1以下に短縮できるほか、ウイルスの遺伝子に変異が起きることもないということです。

来年にも有効性などを確認する最終の臨床試験に入る見通しだということで、平成32年度までのアメリカでの実用化を目指すということです。

インフルエンザの問題に詳しい東北大学の押谷仁教授は、「臨床試験の結果を見なければならぬが、製造過程が1か月程度というのは従来の方法に比べて早く、新型のウイルスが現れたときに迅速に対応できる可能性がある」と話しています。

本日の内容

1. 植物工場の概要
2. 光環境による機能強化
3. 温度環境による機能強化
4. 遺伝子組み換えによる機能強化
5. **超音波受粉装置の開発**
6. 今後の展開



超音波受粉システムの開発

京都大学大学院 農学研究科
清水 浩

開発の背景

実のなる植物には受粉が必要

スイカ



イチゴ



リンゴ



ナス



イチゴ温室のハチの巣箱



トマト温室のハチの巣箱



原因不明のハチの失踪



ウィキペディア
フリー百科

メインページ
コミュニティ・ポ
最近の出来事
新しいページ
最近の更新
おまかせ表示
練習用ページ
アップロード (ウ
ア・コモンズ)

▼ ヘルプ
ヘルプ
井戸端
お知らせ
バグの報告
寄付
ウィキペディア
お問い合わせ
▶ ツール
▼ 他言語版

ページ ノート

蜂群崩壊症候群

蜂群崩壊症候群(ほうぐんほうかいしょうこうぐん、*Colony Collapse Disorder*、**CCD**)とは、[ミツバチ](#)が原因不明に大量に**失踪**する現象である^[1]。

日本では「いないいない病」(「[イタイイタイ病](#)」と「[いないいないばあ](#)」がかけられた**造語**)という別名で紹介される場合もある^[2]。

[ヨーロッパ](#)、[アメリカ合衆国](#)、[日本](#)、[インド](#)、[ブラジル](#)などで観察されている。フランス政府は農薬の成分とこの現象の因果関係を踏まえて一部の農薬を発売禁止した。

1.3 名称

2 対策

2006年秋から現在にかけて[セイヨウミツバチ](#)が一夜にして大量に**失踪**する現象が[米国](#)各地で発生^[4]、その数は[米国](#)で飼われている[ミツバチ](#)の約4分の1になった。

ヨーロッパの養蜂家においても、[スイス](#)、[ドイツ](#)では小規模な報告ではあるが、他にも[ベルギー](#)、[フランス](#)、[オランダ](#)、[ポーランド](#)、[ギリシア](#)、[イタリア](#)、[ポルトガル](#)、[スペイン](#)^[5]において同様の現象に遭遇している^[6]。

また、CCDの可能性のある現象は台湾でも2007年4月に報告されている^[7]。⁵⁴

蜂群崩壞症候群 (Colony Collapse Disorder、CCD)



Create account Log in

Article **Talk**

Read Edit View history

Search

Colony collapse disorder

From Wikipedia, the free encyclopedia

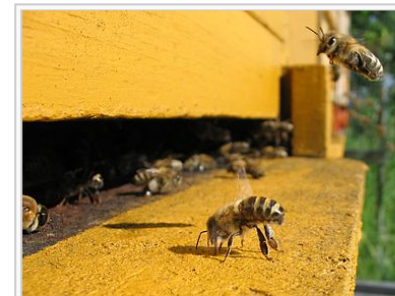
Colony collapse disorder (CCD) is a phenomenon in which worker bees from a **European honey bee** colony abruptly disappear.

While such disappearances have occurred throughout the history of apiculture, and were known by various names (disappearing disease, spring dwindle, March die-off, autumn collapse, and fall dwindle disease),^[1] the syndrome was renamed colony collapse disorder in 2006 in conjunction with a drastic rise in the number of disappearances of western honeybee colonies in the United States, Belgium, France, the Netherlands, Greece, Italy, and Germany, albeit to a lesser degree.

Colony collapse disorder is caused by European honey bees. According to the United Nations, the number of honey bees in the United States has declined by up to 20% since 2005.^[7] Shortages of honey bees in the United States have been reported by up to 20%.

The mechanisms of CCD are not fully understood. Several causes have been proposed: pesticides, primarily neonicotinoids; infections with varroa and Acarapis mites; malnutrition; various pathogens; genetic factors; immunodeficiencies; loss of habitat; changing beekeeping practices; or a combination of factors.^[9]

a phenomenon in which worker bees from a European honey bee colony abruptly disappear.



Honey bees at a hive entrance: One is about to land and the other is fanning.

- Main page
- Contents
- Featured content
- Current events
- Random article
- Donate to Wikipedia
- Wikimedia Shop

Interaction

- Help
- About Wikipedia
- Community portal
- Recent changes
- Contact page

Tools

- What links here
- Related changes
- Upload file
- Special pages
- Permanent link
- Page information
- Wikidata item
- Cite this page

Print/export

- Create a book

Contents [hide]

- 1 History
- 2 Signs and symptoms
- 3 Scope and distribution
 - 3.1 North America

Colony Collapse Disorder (CCD)

History [\[edit\]](#)

Limited occurrences resembling CCD have been documented as early as 1869^{[10][11]} and this set of symptoms has, in the past several decades, been given many different names (disappearing disease, spring dwindle, May disease, autumn collapse, and fall dwindle disease).^[1] Most recently, a similar phenomenon in the winter of 2004/2005 occurred, and was attributed to *varroa mites* (the "vampire mite" scare), though this was never ultimately confirmed. The cause of the appearance of this *syndrome* has never been determined. Upon recognition that the syndrome does not seem to be seasonally restricted, and that it may not be a "disease" in the standard sense—that there may not be a specific *causative agent*—the syndrome was renamed.^[12]

A well-documented outbreak of colony losses spread from the Isle of Wight to the rest of the UK in 1996. These losses later were attributed to a combination of factors, including adverse weather conditions and the use of this agricultural beekeeping.

Reports show this "disappearing disease".^[17] Oertel present, discrediting

From 1972 to 2006 colonies maintained commercial beekeeping the term "colony collapse" "Mary Celeste syndrome".

Losses were reported in migratory operations wintering in **California, Florida, Oklahoma, and Texas**. In late February, some larger nonmigratory beekeepers in the **mid-Atlantic and Pacific Northwest regions** also reported significant losses of more than 50%. Colony losses were reported in **five Canadian provinces, several European countries, and countries in South and Central America and Asia**.

Losses had remained stable since the 1990s, attributable to a variety of factors, such as mites, diseases, and management stress.^[21] The first report of CCD was in mid-November 2006 by a beekeeper overwintering in Florida. By February 2007, large commercial migratory beekeepers in several states had reported heavy losses associated with wintering. Reports of losses varied widely, ranging from 30% to 90% of their bee colonies; in some cases, beekeepers reported losses of nearly all of their colonies with surviving colonies so weakened that they might no longer be viable to pollinate or produce honey.^[22]

Losses were reported in migratory operations wintering in California, Florida, Oklahoma, and Texas. In late February, some larger nonmigratory beekeepers in the mid-Atlantic and Pacific Northwest regions also reported significant losses of more than 50%.^[citation needed] Colony losses also were reported in five Canadian provinces, several European countries, and countries in South and Central America and Asia. In 2010, the **USDA** reported that data on overall honey bee losses for 2010 indicated an estimated 34% loss, which is statistically similar to losses reported in 2007, 2008, and 2009.^[22]

After bee populations dropped 23% in the winter of 2013, the Environmental Protection Agency and Department of Agriculture formed a task force to address the issue.^[23]

アメリカ農務省のCCD注意喚起



You are here: [ARS Home](#) / [News](#) / Honey Bee Health and Colony Collapse Disorder



Related Topics

News & Events

- > [Search News & Events](#)
- > [News Archive](#)
- > [Nutrition News](#)
- > [News by e-mail](#)
- > [Magazine](#)
- > [Image Gallery](#)
- > [Noticias en Español](#)
- > [Video](#)
- > [Podcasts](#)
- > [Press Room](#)
- > [Briefing Room](#)
- > [News Home](#)

Honey Bee Health and Colony Collapse Disorder



Honey bees, which are a critical link in U.S. agriculture, have been under serious pressure from a mystery problem: Colony Collapse Disorder (CCD), which is syndrome defined as a dead colony with no adult bees or dead bee bodies but with a live queen and usually honey and immature bees still present. No scientific cause for CCD has been proven.

But CCD is far from the only risk to the health of honey bees and the economic stability of commercial beekeeping and pollination operations in the United States. Since the 1980s, honey bees and beekeepers have had to deal with a host of new pathogens from deformed wing virus to nosema fungi, new parasites such as Varroa mites, pests like small hive beetles, nutrition problems from lack of diversity or availability in pollen and nectar sources, and possible sublethal effects of pesticides. These problems, many of which honey bees might be able to survive if each were the only one, are often hitting in a wide variety of combinations, and weakening and killing honey bee colonies. CCD may even be a result of a combination of two or more of these factors and not necessarily the same factors in the same order in every instance.

The [Agricultural Research Service](#) (ARS), USDA's internal research agency, is leading several efforts into possible CCD causes and striving to enhance overall honey bee health by improving bee management practices, as well as studying honey bee diseases and parasites and how best to control them. In addition, a number of other Federal agencies and State departments of agriculture, universities, and private companies are conducting studies to seek the cause or causes of CCD.

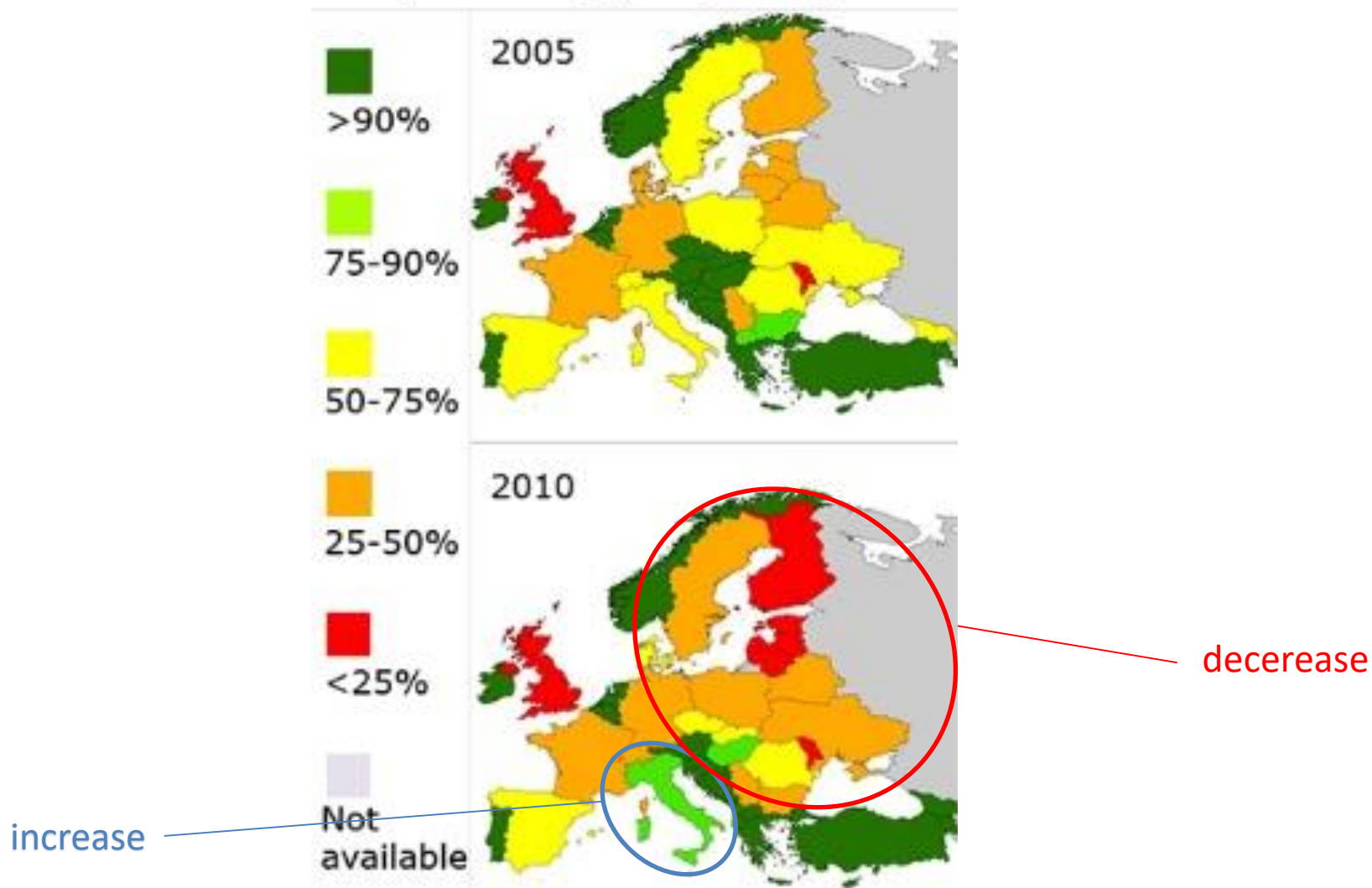
Latest news about CCD:

[Report](#) on the National Stakeholders Conference on Honey Bee Health.

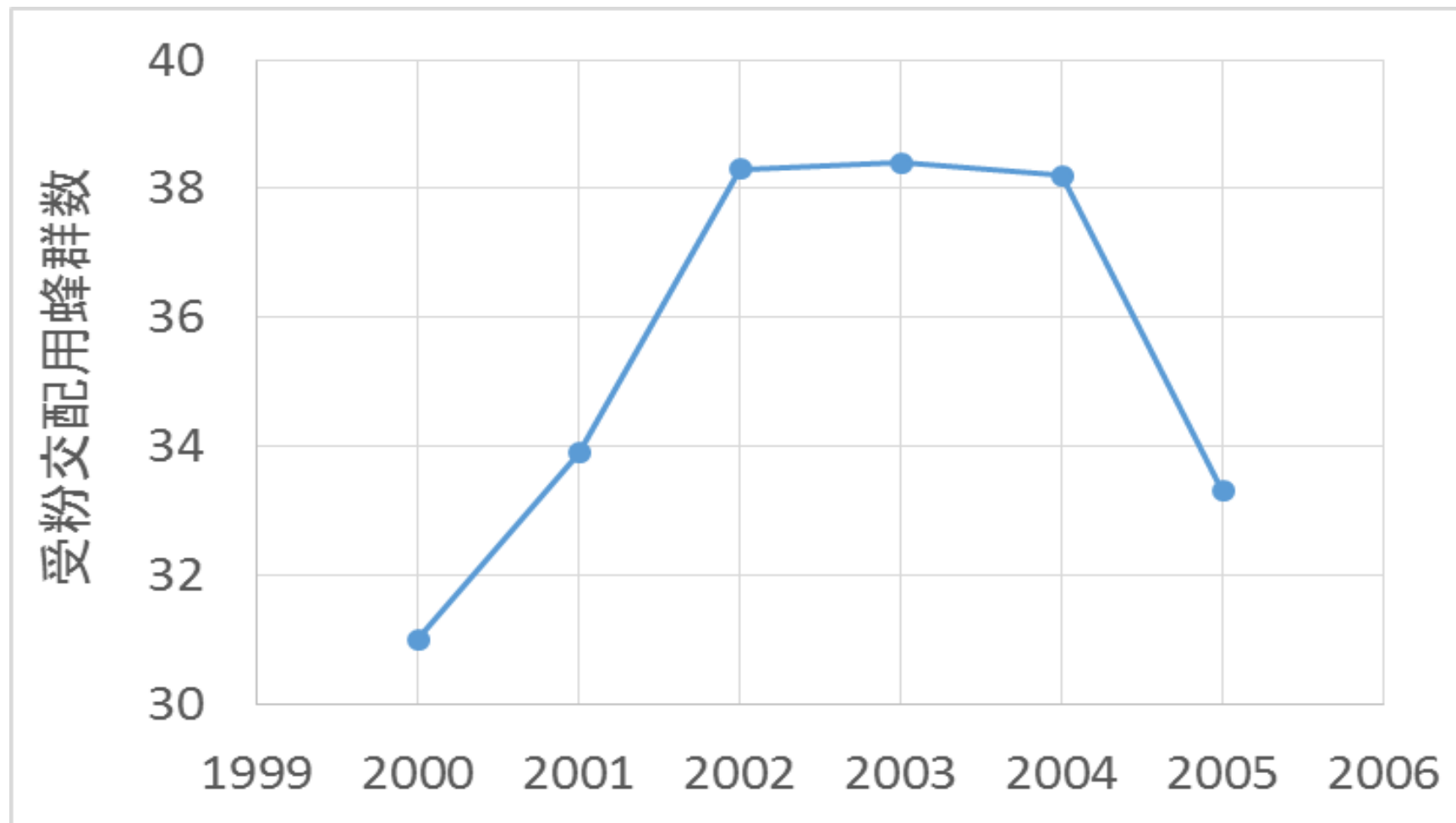
[2013/2014 Survey Reports Fewer Winter Honey Bee Losses](#)

ヨーロッパにおけるハチ供給量の変化

Europe bee supply map 2005/2010



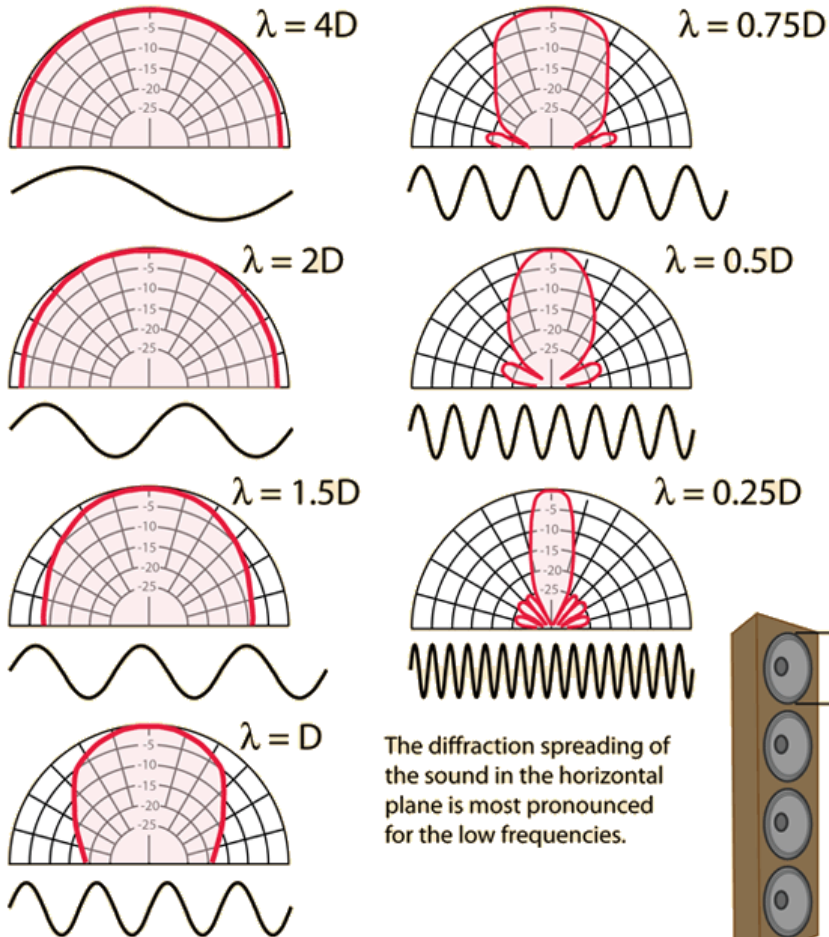
日本における受粉交配用蜂群数の変化



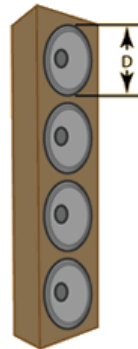
音波の指向性

指向性と周波数(波長)の関係

全方位に伝播



The diffraction spreading of the sound in the horizontal plane is most pronounced for the low frequencies.



λ : 波長

可聴域では全方位に伝播し、指向性はほとんどない。

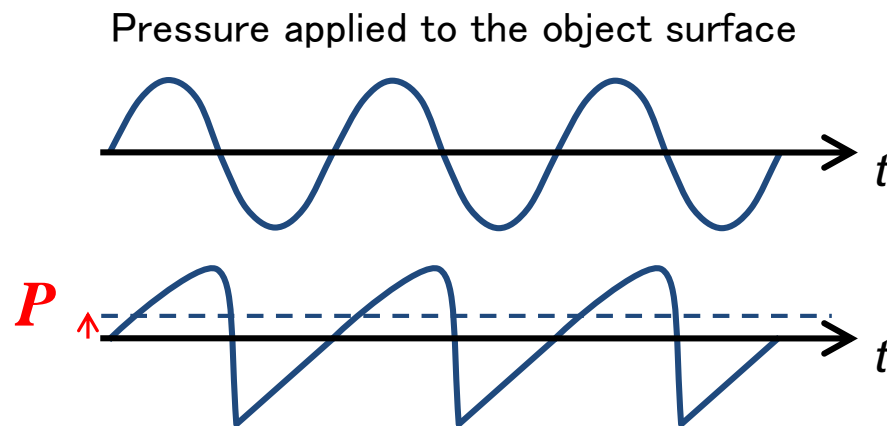
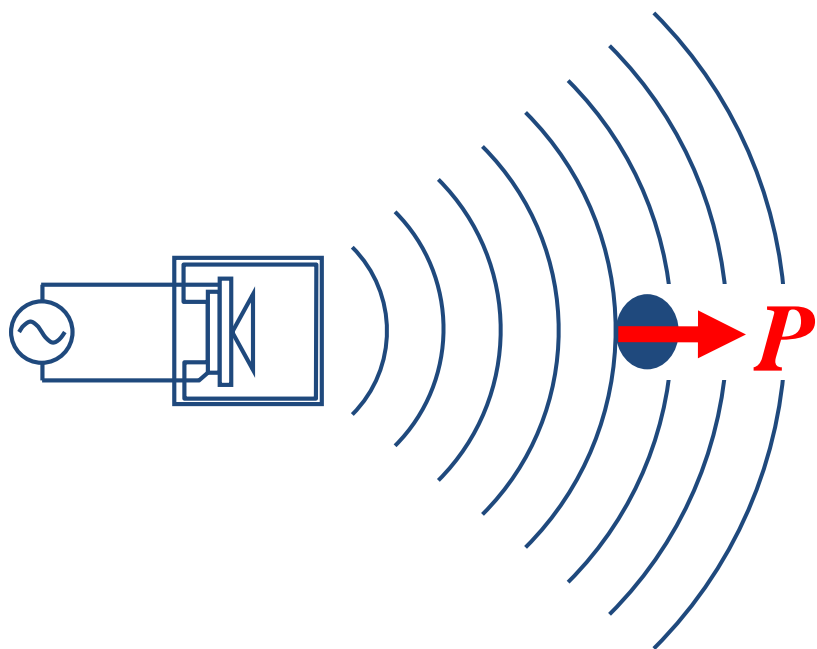
周波数が大きくなるほど(波長が短くなるほど)指向性が強くなる。

周波数の高い超音波は非常に鋭い指向性を有している。

超音波受粉装置の開発

音響放射圧

- 流体中に放射された超音波を物でさえぎると、超音波はその物を音の進行方向に押していく非線形現象



音響放射圧の試算

超音波音圧

$$p = 24 \text{ Pa RMS at 30 cm}$$

空気の密度

$$\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

空気中の音速

$$c = 340 \text{ m/s at 14 deg C}$$

$$P = \frac{2p^2}{\rho c^2} = 0.008 \text{ Pa} = 0.008 \text{ N/m}^2$$

1cm²あたりの力は,

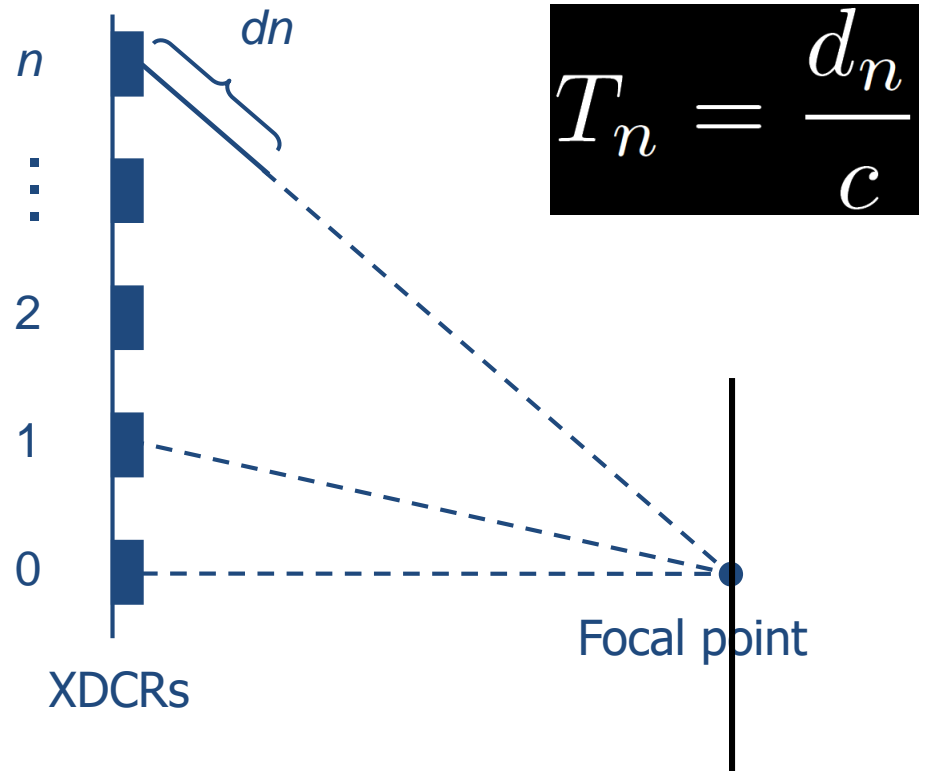
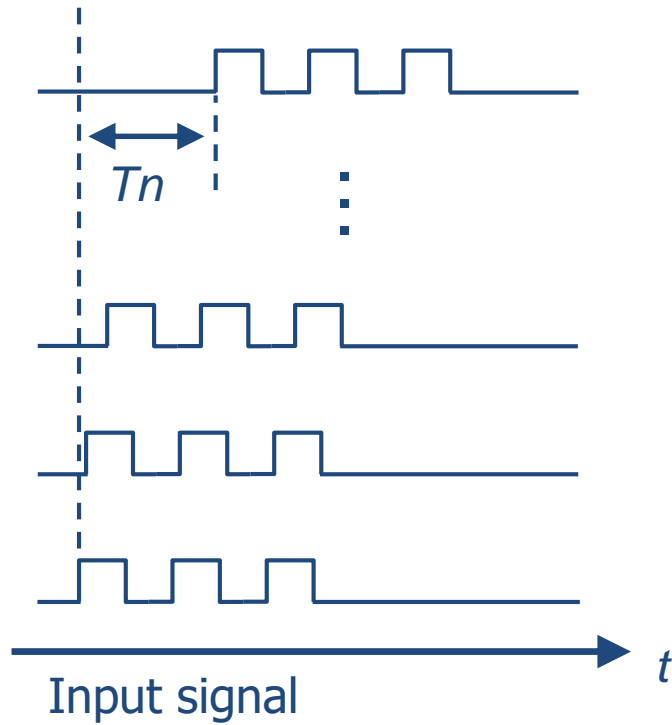
$$F = 8 \times 10^{-7} \text{ N}$$

$8 \times 10^{-7} \text{ N}$ は0.08mgの物体に作用する重力.



非常に微小な力

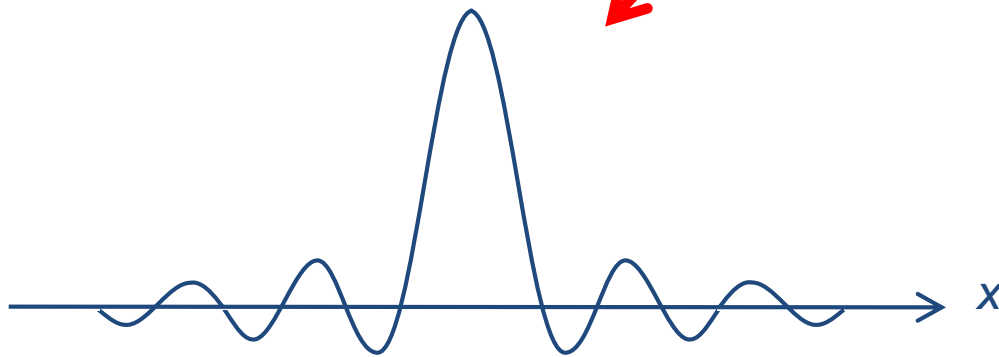
フェーズドアレイ



フェーズドアレイ

焦点位置での音圧分布(理論値)

$$|p(x, y)| = p_0 N^2 \frac{\text{sinc}\left(\frac{kD}{2R}x, \frac{kD}{2R}y\right)}{\text{sinc}\left(\frac{kd}{2R}x, \frac{kd}{2R}y\right)}$$



開発した超音波受粉装置

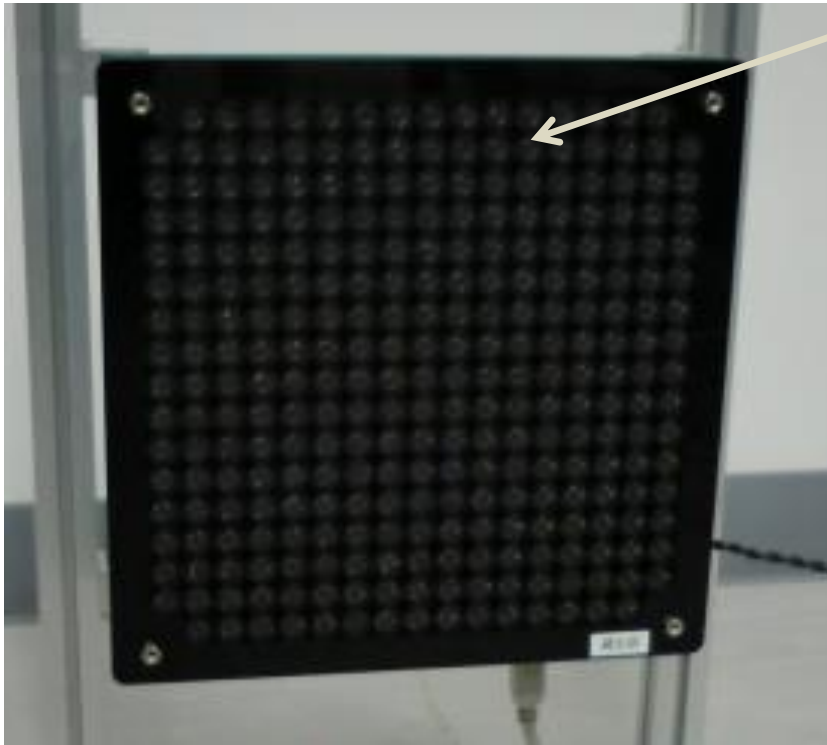


画像入力部

超音波発生装置



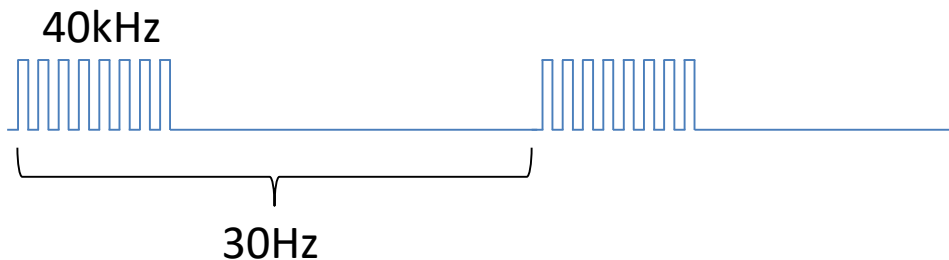
超音波発生部の仕様



285 pieces of ultrasonic transducers

Carrier wave	40 kHz ultrasonic
Focal spot size	20 mm at focal range of 20 cm
Resolution	0.5 mm
Acting force	16 mN (max)
Amplitude modulation	1 to 1023 Hz square wave
Update rate	1 kHz
Power source	DC 24 V
Power consumption	100 W
Size	190 x 190 x 50 mm
Weight	0.6 kg

The 40kHz ultrasonic I was modulated by 30Hz.

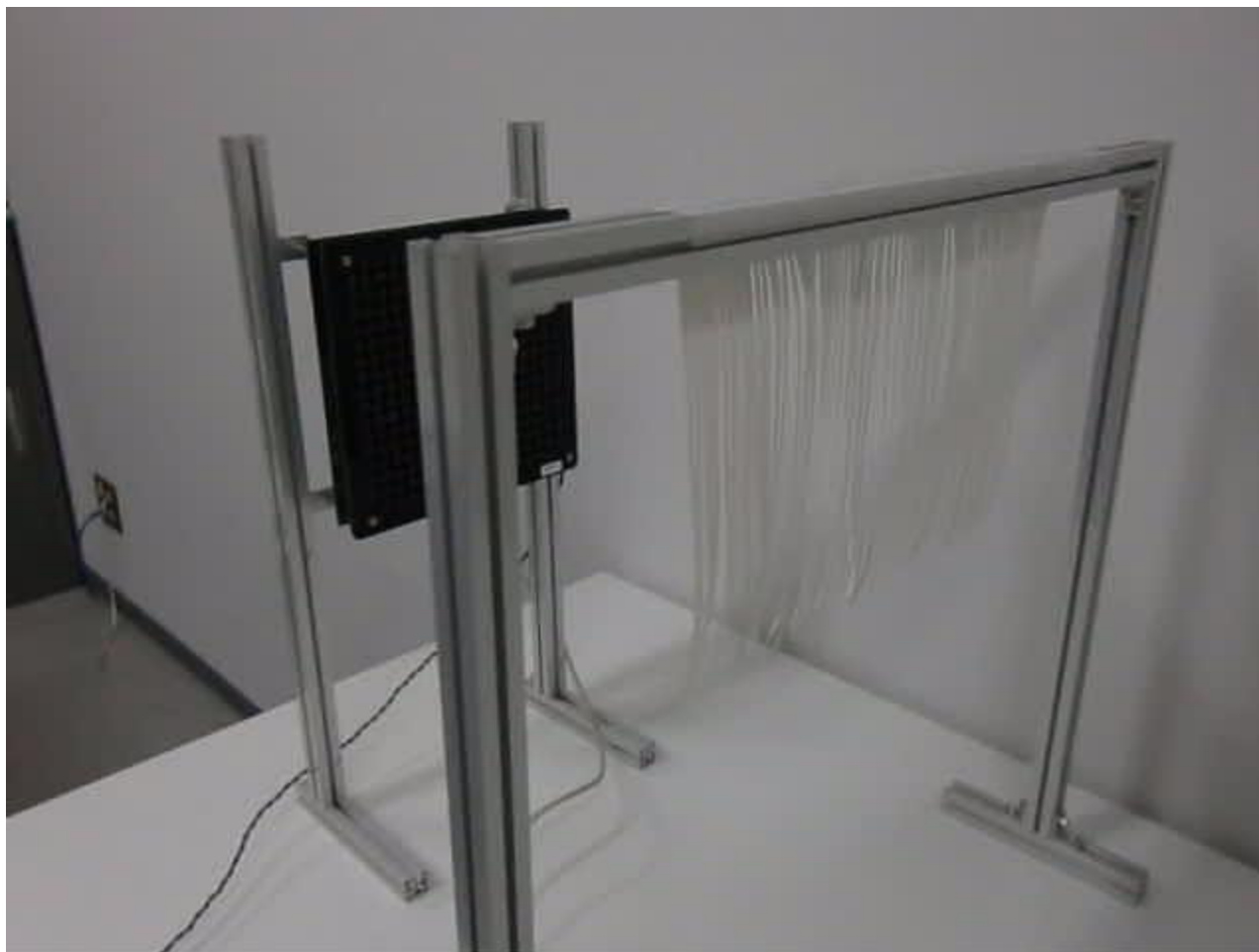


ピンポイントでの超音波照射



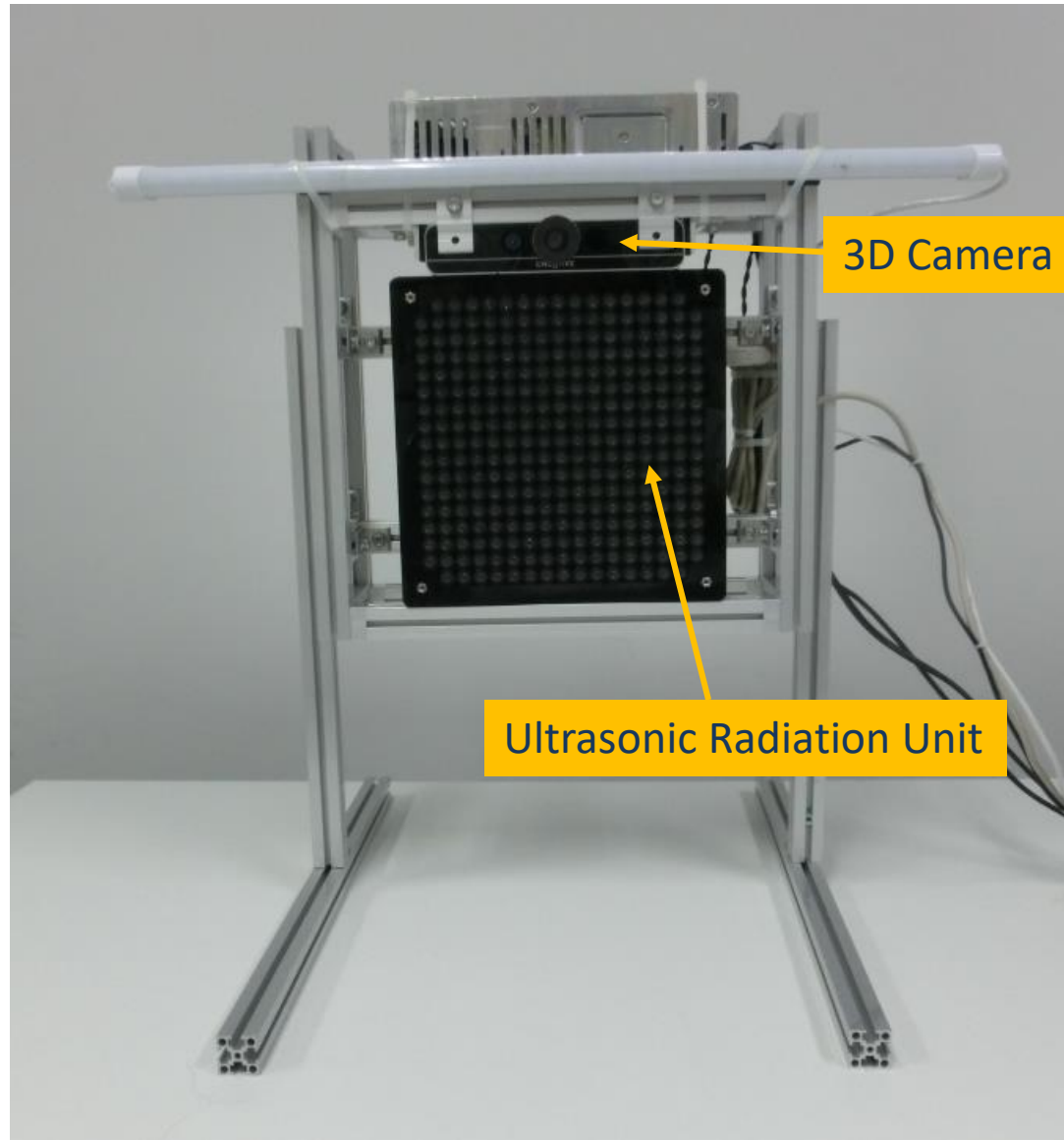
(Movie)

焦点位置のラインスキャン

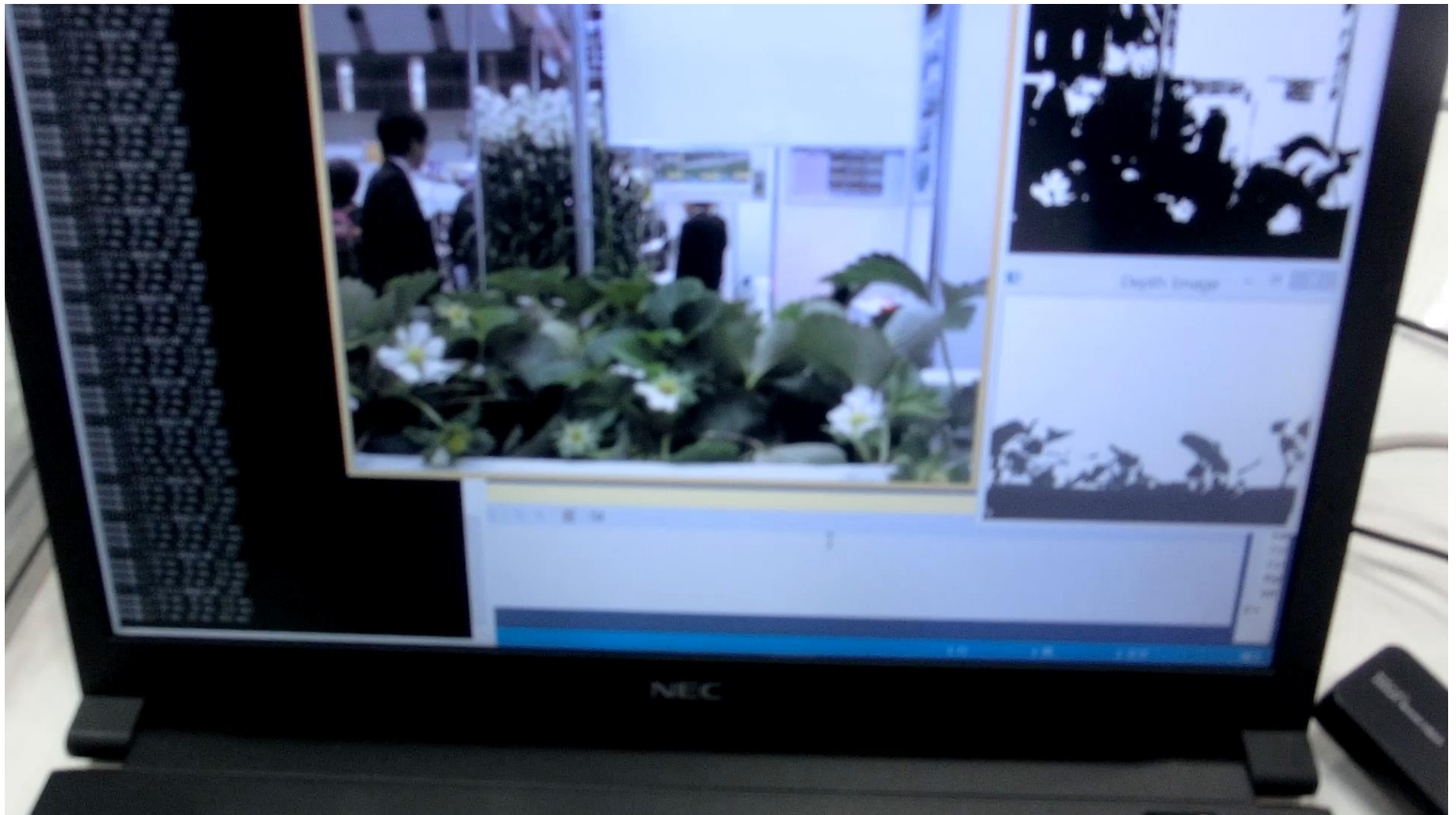


(Movie)

Ultrasonic Pollination System



イチゴの受粉デモ



(Movie)

イチゴの受粉デモ



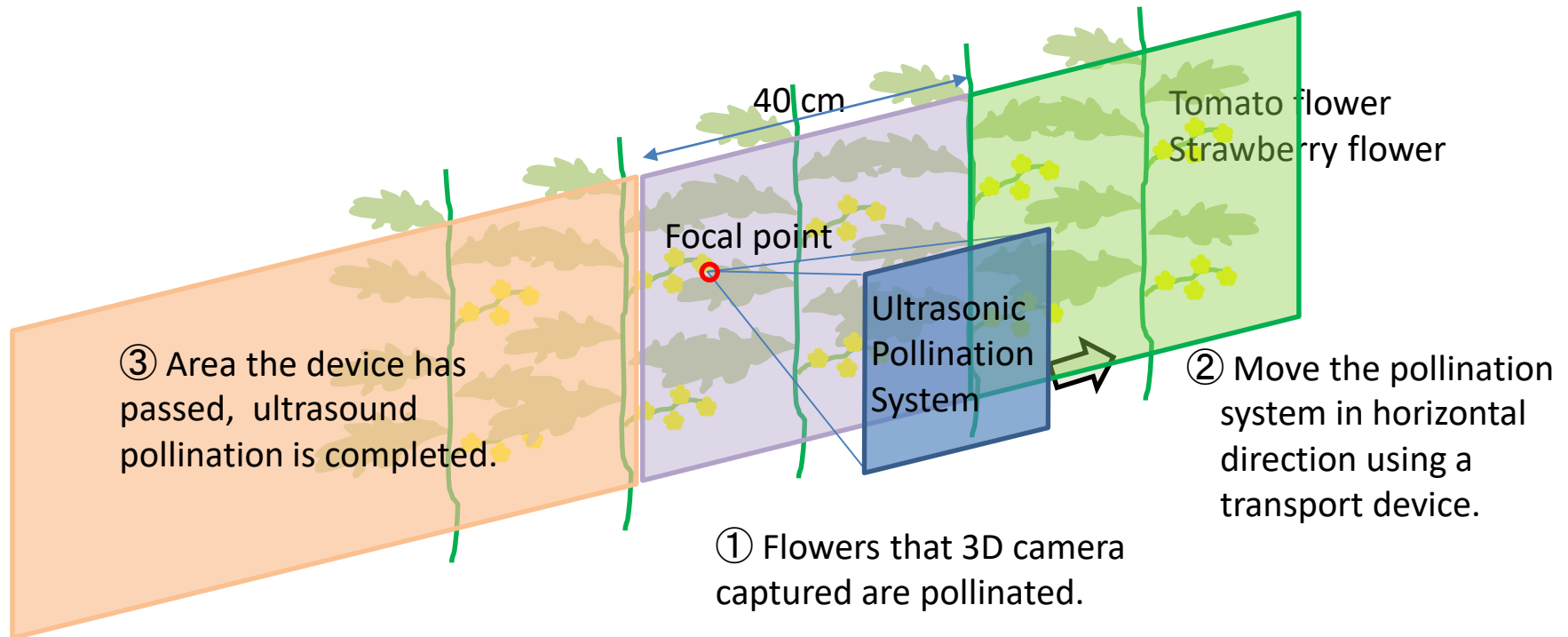
(Movie)



Result at Commercial Greenhouse

Pollination Method	Frequency (Hz)	Number of flowers pollinated	Marketable fruit	Ratio(%)
Ultrasonic Pollination	10	16	9	56%
	20	20	12	60%
	30	9	7	78%
	40	12	11	92%
	50	18	8	44%
	60	11	4	36%
	70	17	12	71%
	80	14	7	50%
	90	17	7	41%
	100	16	10	63%
Manural Pollination		19	11	58%
No Pollination		29	10	34%

Concept Diagram of Practical Use



最後に

- 閉鎖系システムにおいて、現在生産されているのは葉菜類が主であるが、実験室レベルではほとんどの野菜の生産が可能である。
- 環境要因を利用して、植物に刺激やストレスを与えることで、二次代謝物質の生合成を促進することができつつある。
- 閉鎖系システムは、遺伝子組み換え植物を利用した物質生産に利用されつつあり、医薬品の原材料生産が実現している。今後、この方面での利用が増加すると考えられる。
- 宇宙空間での植物栽培は、食料としての利用は当然であるが、精神的な安定に貢献するという報告もある。



Thank you
for your listening !!

