

# 人工光型植物工場での 機能性野菜生産技術の 開発

大阪府立大学大学院  
生命環境科学研究科  
和田光生





# 植物工場設置件数 商業生産を行っている植物工場



設置件数	完全人工光型	太陽光人工光併用型	(参考)太陽光型
2016	191	36	79※
2015	185	33	195
2014	165	33	185
2013	125	28	151
(参考)2012	106	21	83
(参考)2011	64	16	13

日本施設園芸協会. 2016

※施設面積が概ね1ha以上で養液栽培装置を有する施設に限る

# 日産5,000株以上の植物工場

(和田調べ, 2015)

施設名 (事業主)	日産	場所	光源
亀岡プラント (スプレッド)	20, 000	京都府亀岡市	蛍光灯
富士ファーム ((株)イノベタス)	12, 400	静岡県富士市	LED
多賀城グリーンルーム (MIRAI(株))	10, 000	宮城県多賀城市	LED
柏の葉グリーンルーム (MIRAI(株))	10, 000	茨城県柏市	蛍光灯
敦賀植物工場 (郵船商事(株))	10, 000	福井県敦賀市	LED
東芝クリーンルームファーム (東芝ライテック)	10, 000	神奈川県横須賀市	蛍光灯
808 FACTORY ((有)新日邦)	9, 000	静岡県焼津市	LED
川内村高原農産物栽培工場 ((株)KiMiDoRi)	8, 000	福島県川内村	LED 蛍光灯
グリーンランド ((株)木田屋商店)	7, 000	福井県小浜市	蛍光灯
グリーンクロックス新世代植物工場 ((株)グリーンクロックス)	5, 000	大阪府堺市	LED



# 研究の目的

- ・植物工場で生産する新機能性野菜の開発
- ・最適栽培環境の探索
- ・栽培システムの開発
- ・機能性成分増加技術の開発
- ・体に有害な成分低減技術の開発
- ・高付加価値野菜栽培技術の確立

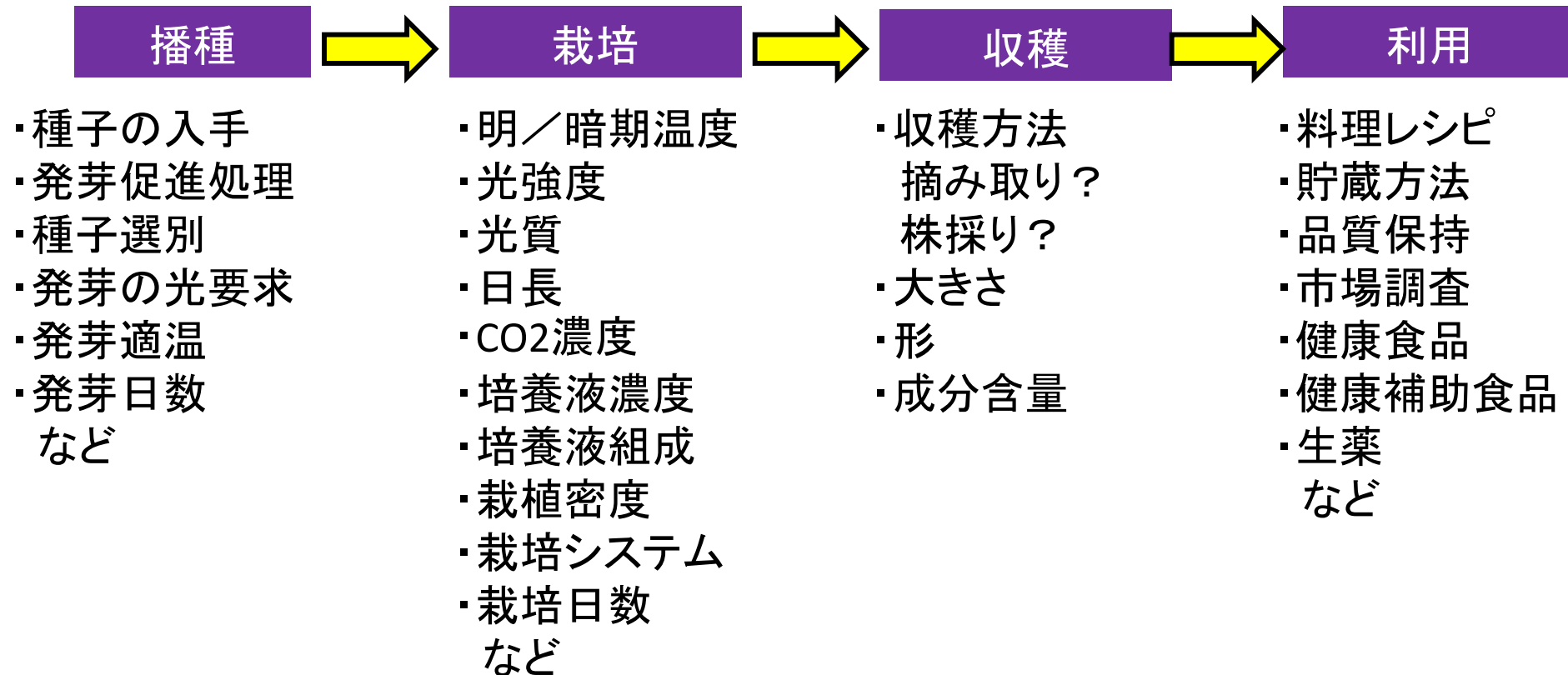


# どのような機能性植物が 植物工場に適するか？

- ・草丈が低い (50 cm以下)
  - 光利用効率, 栽培スペースの有効利用
- ・栽培期間が短い (90日以下, レタスは約42日)
  - 生産コスト
- ・光飽和点が低い → 弱光でも栽培可能
- ・機能性成分には科学的根拠がある
  - 消費者へのアピール
- ・一般に食用されている, 食用された歴史がある
  - 野菜として販売できる
- ・名前が知られている
  - 消費者の需要が見込める



# 最適栽培環境とは？



- ・播種から利用まで
- ・生育促進と高品質生産
- ・乾物重よりも生体重

※生育のみでなく  
形状，色，成分含量，  
食感，味なども重要



# レタス

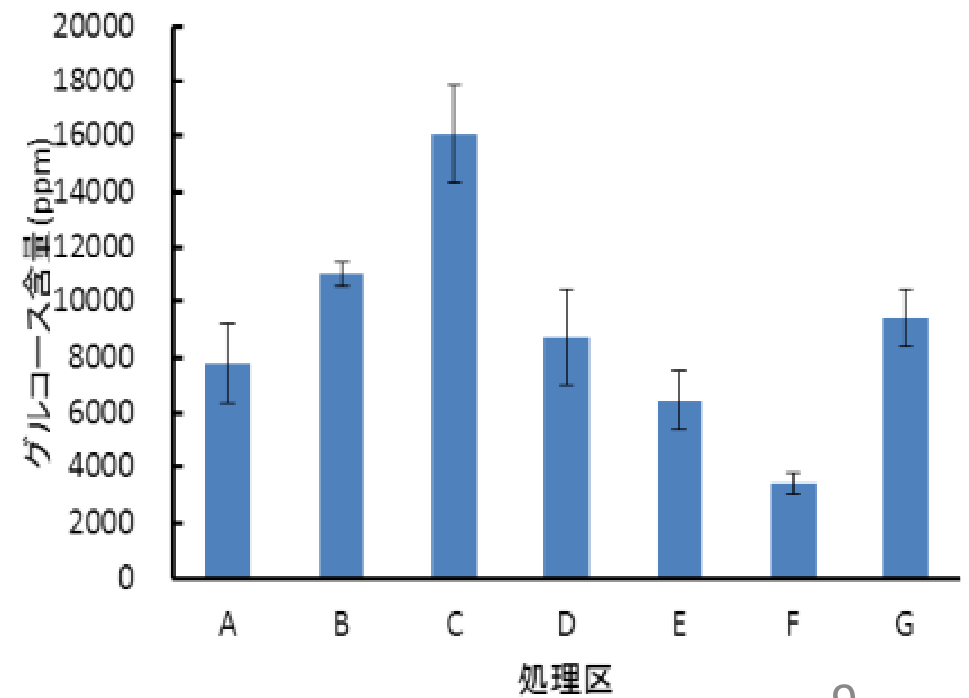
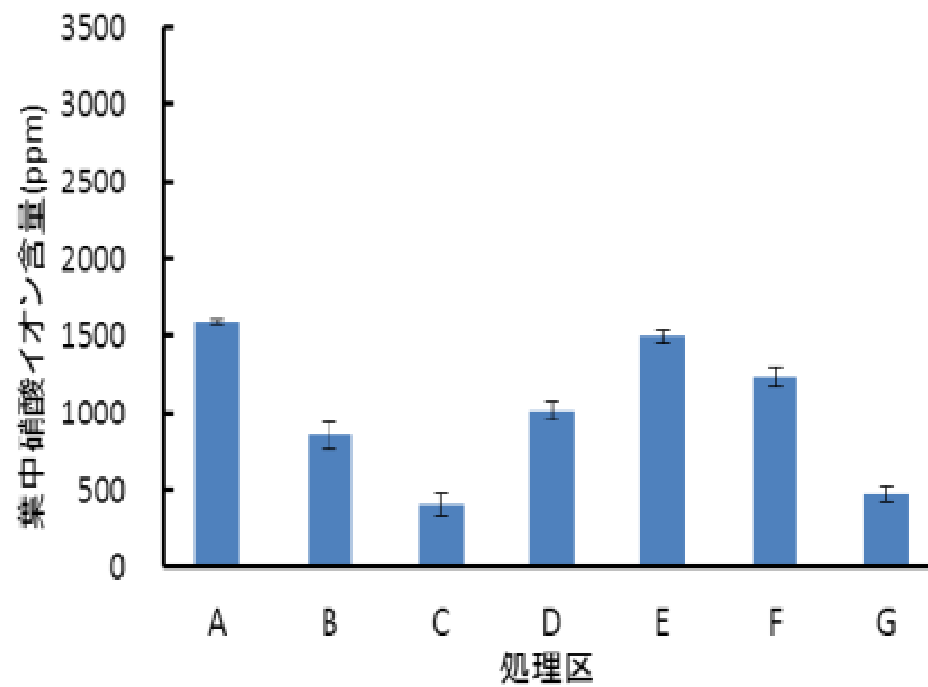
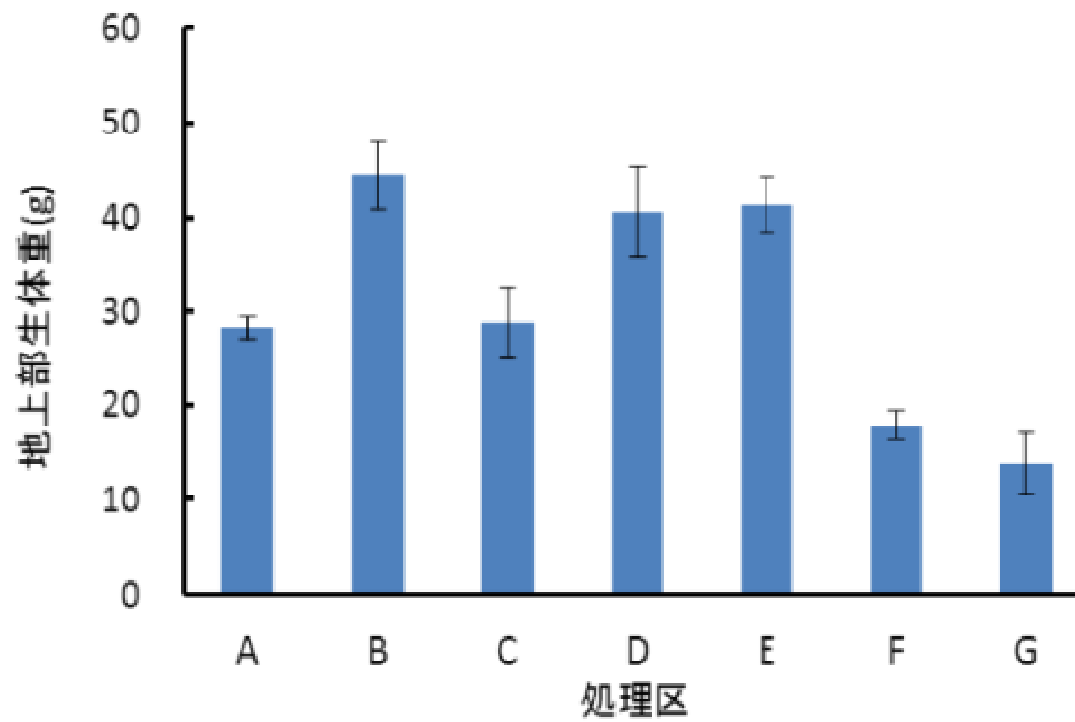
*Lactuca × sativa* L.



# 高付加価値レタスの生産

- ・低硝酸  
発がん作用?  
乳幼児のメトヘモグロビン血症
- ・高糖度
- ・高アスコルビン酸含量
- ・苦みが少ない(ラクチュコピクリン)



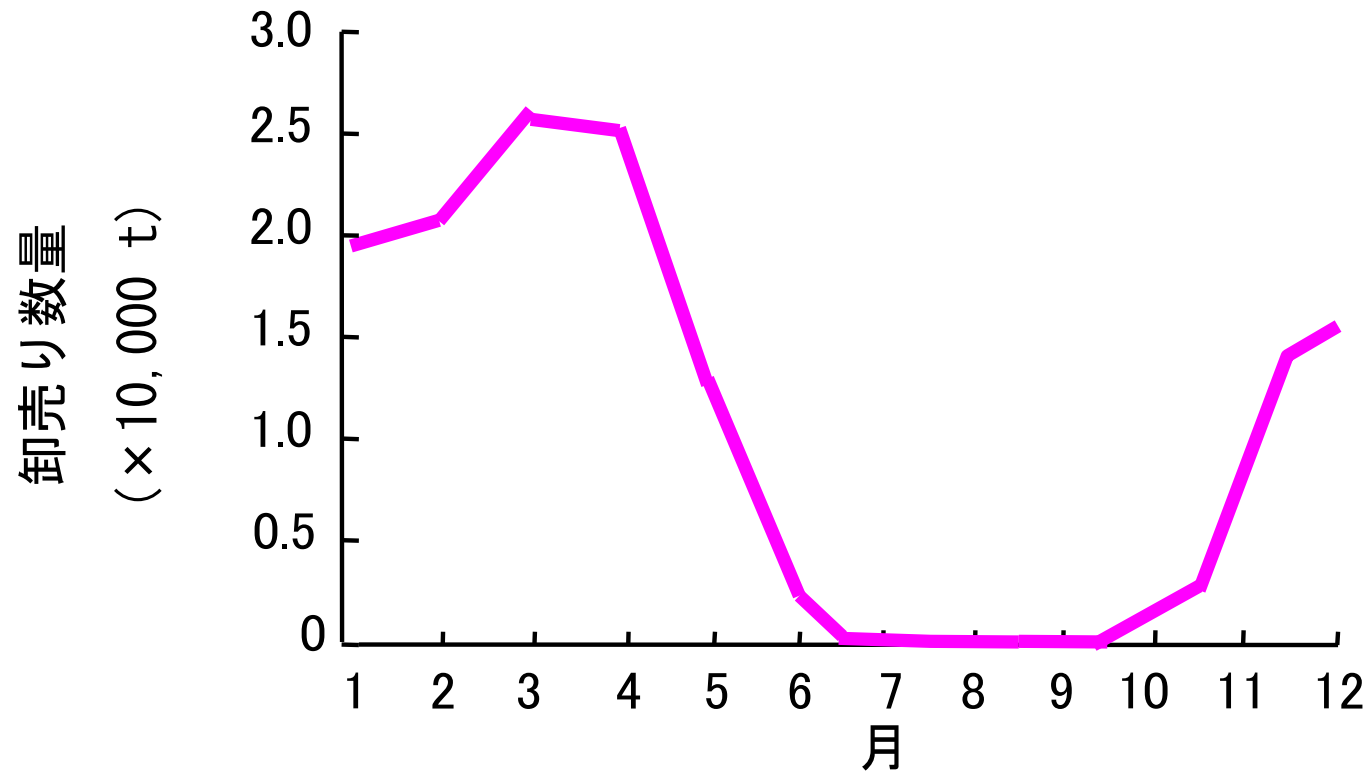




一季成りイチゴ

*Fragaria* × *ananassa* Duch.





- 一季成りイチゴの国内生産は、11月から5月  
6月から10月は主に輸入に頼っている。
- 夏季イチゴの需要は多い
- 高品質でしかも高収量の一季成りイチゴ生産技術の  
開発は、イチゴを栽培できない地域での栽培にも有用  
である。



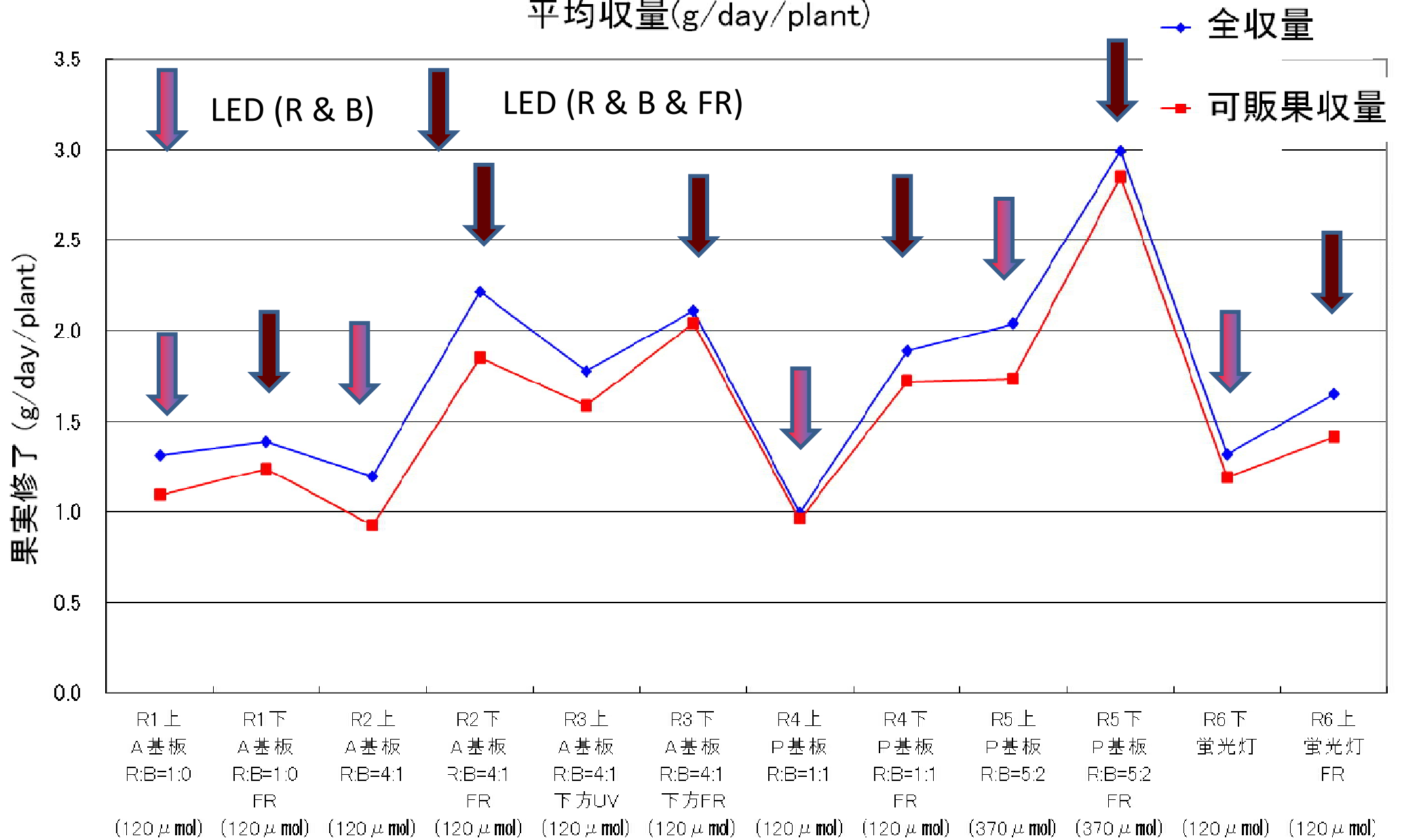


▪ 三波長発光型蛍光灯

▪ FR光を含む蛍光灯

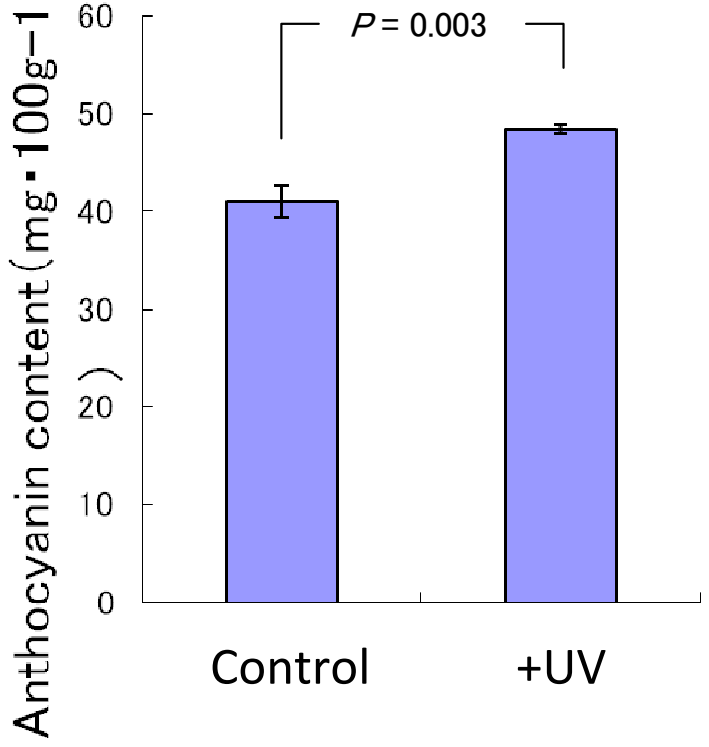
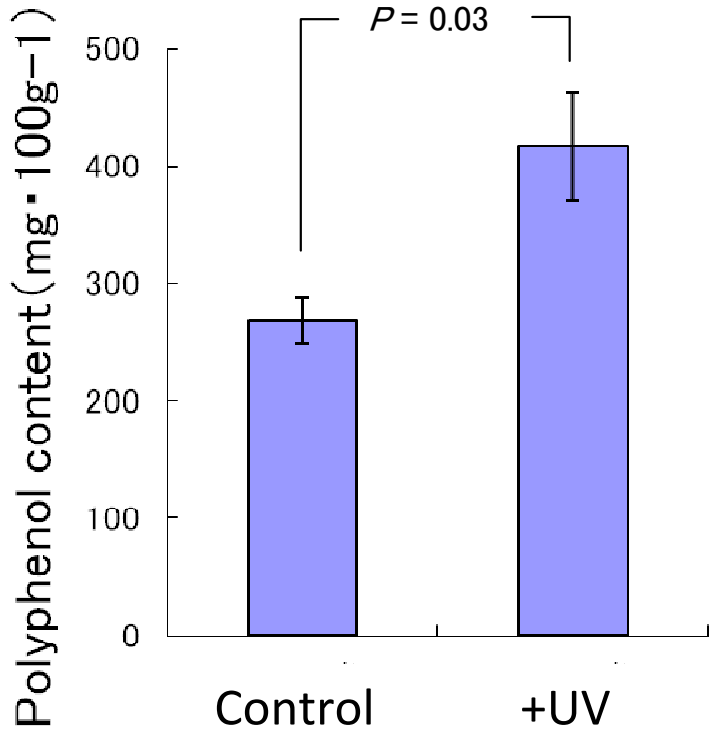
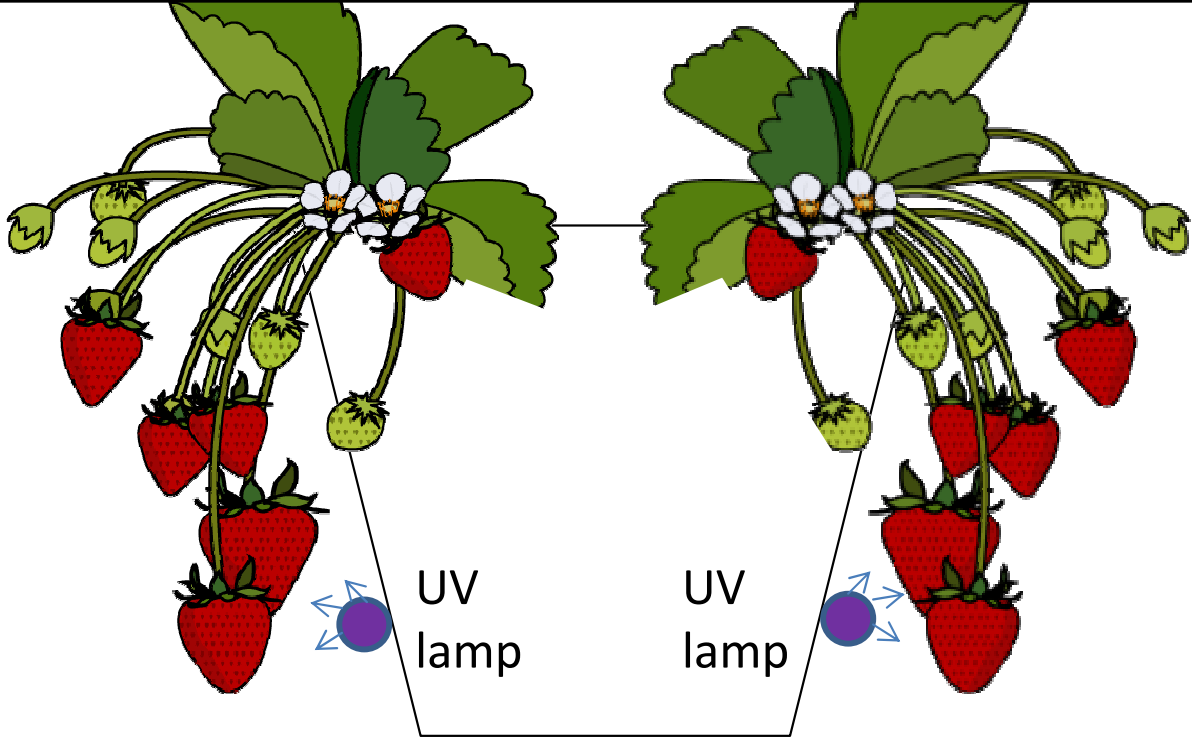


平均収量(g/day/plant)





・果実への局所的紫外線(青色光照射)



# 高麗人參

*Panax × ginseng* C.A.Mey.

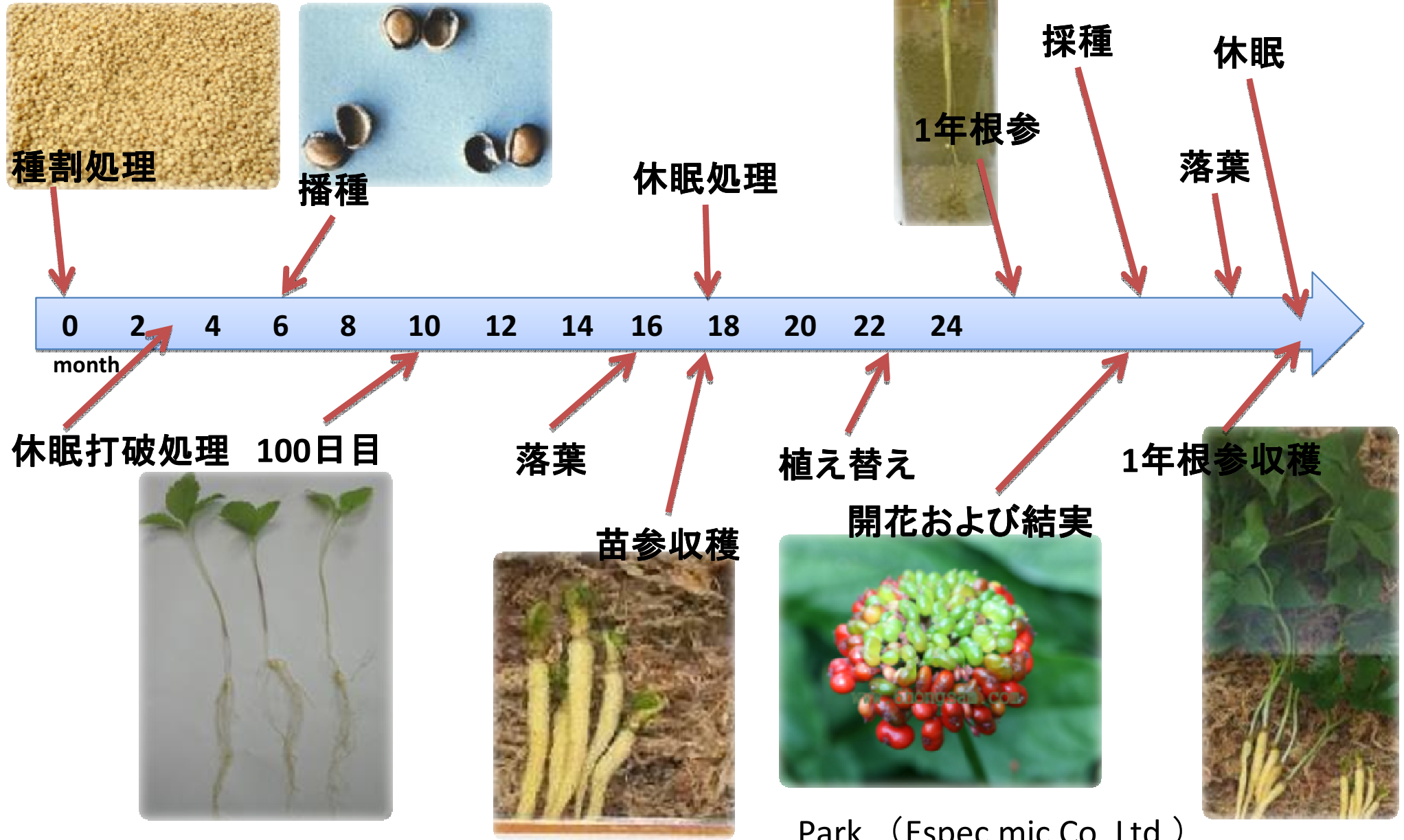






Park (Especc mic Co. Ltd.)

# 高麗人参の栽培過程







Agronics Inc., 韩国

# 試験例

## 栽培時の明／暗期温度の影響





# 機能性野菜生産技術開発PJ

アシュワガンダ



ボタンボウフウ





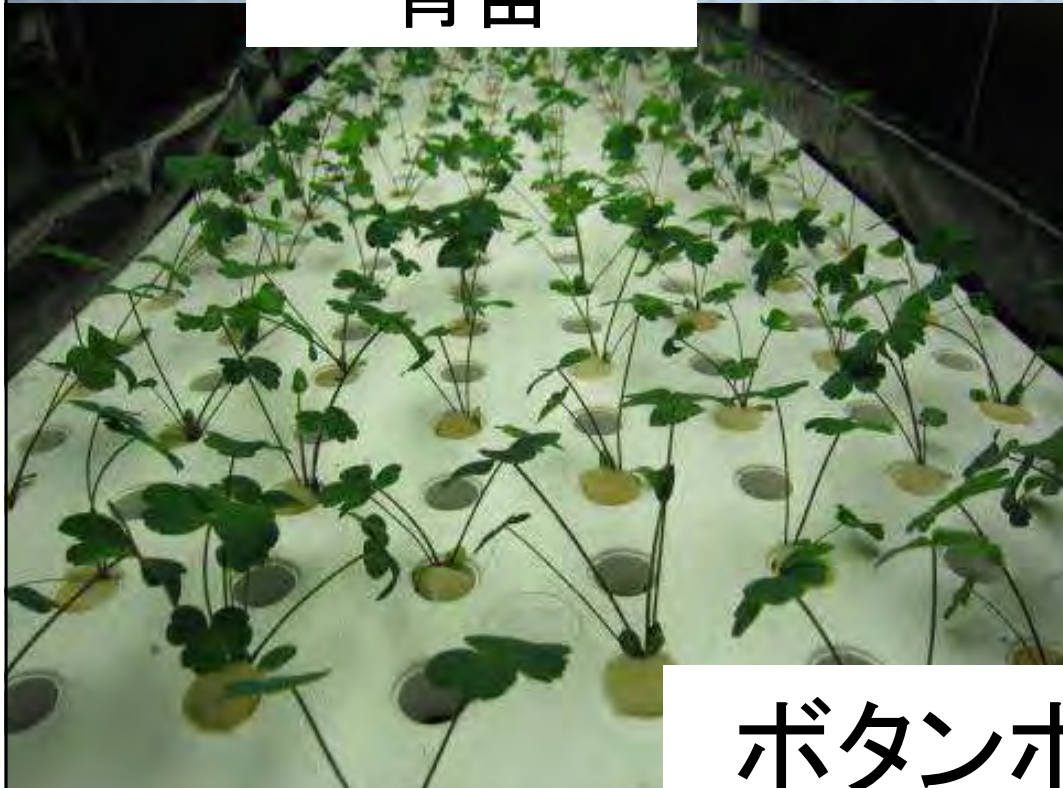
# アシュワガンダ



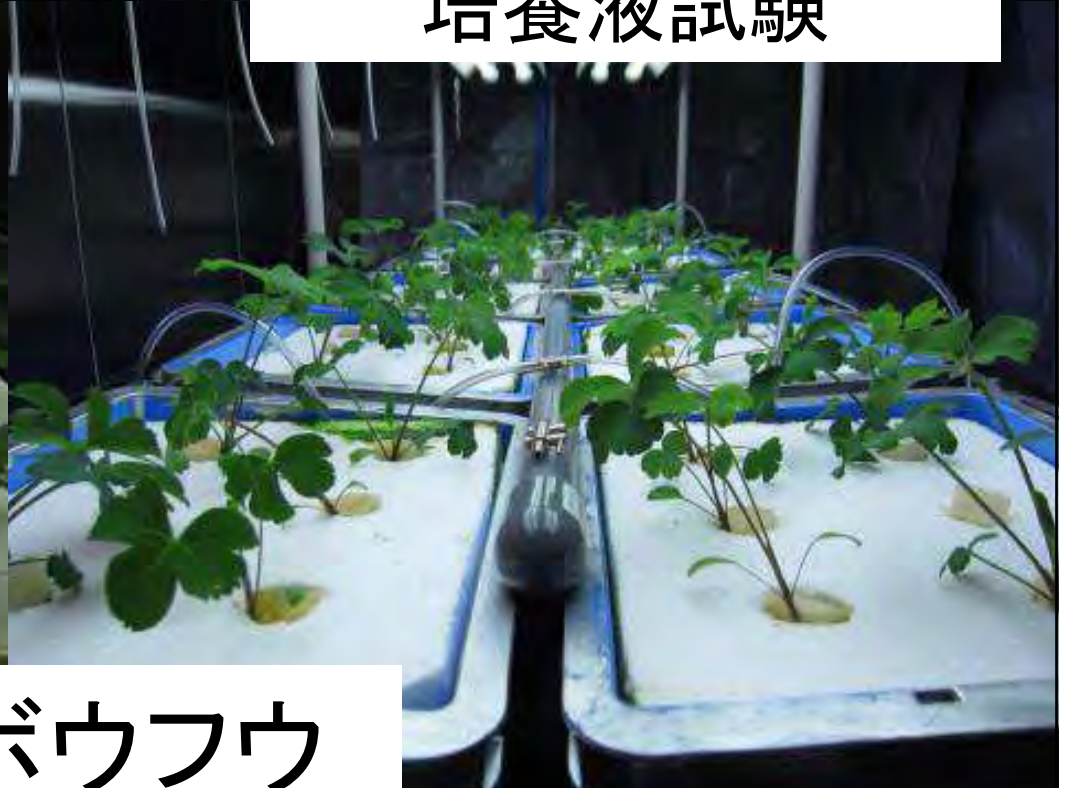
育苗



培養液試験



ボタンボウフウ





# 研究内容

## ・発芽条件の最適化

発芽適温  
種子予措  
種子選別

## ・地下部環境の最適化

培養液濃度  
培養液中NH<sub>4</sub>-N濃度  
無機成分吸収特性  
好適培養液組成

## ・地上部環境の最適化

光合成特性  
生育適温  
日長と光量  
光質(LED、RGBの比率と組み合わせ)  
光質(蛍光灯の種類)

## ・機能性成分増加技術の開発

各種ストレス処理  
光質処理  
その他



アシュワガンダ  
*Withania somnifera* Dunal





# アーユルヴェーダとアシュワガンダ

アーユルヴェーダ (AYURVEDA)  
=AYUS (生命) +VEDA (科学)  
生命の科学



- ・約5千年前にインドに生まれ、現在もインドを含めた多くの国々で実践されている、世界保健機構(WHO)が認めた世界で最も古い伝統医学の一つ
- ・身体あるいは肉体的な病状だけを治療するものではなく置的、精神的、または社会的な面を含めた包括的な健康にかかわる知識を得る科学
- ・重要な目的は健康維持と病気の治療
- ・自分を取り巻く環境全体とのバランスを維持し、健康を保つ

6世紀頃 日本へ

アーユルヴェーダは仏教伝来と共に仏教医学として日本に伝えられた。  
その中にインドの習慣としてアーユルヴェーダやヨーガも含まれていた。

アーユルヴェーダの薬草

3500年以上前から薬草に関する知識が完成され、現在に継承。  
最初の古典医学「チャラカサンヒター」

50の薬理作用に分類された薬草名が各々10種類ずつ約500種類掲載。

赤唐辛子: 体内の脂肪を燃やす

ウコン: 殺菌と解毒の作用が強い、肝臓の働きをよくする

カルダモン: 消化力増進剤

コショウ: 消化力増進剤、唾液の分泌を促す

ゴマ: 骨や歯の強壮剤

ショウガ: 消化力を強め体を温める

タマネギ: 滋養強壮効果、脂肪の代謝をよくして肝臓の働きを強める

ハチミツ: 血液組織によい、創傷を癒す、体内の脂肪を取り除く

レモン: 消化を助ける

など・・・



アーユルヴェーダの薬草は日本人の食事にもよく使われるものが入っている。

使用方法により有害になる場合もある。

## アシュワガンダ

アシュワガンダ (*Withania somnifera*) はアーユルヴェーダの中で最もすぐれた薬草で、'アーユルヴェーダの女王' または、'アーユルヴェーダの賜物' 等と呼ばれております。  
常緑樹でインドの乾燥地帯で見かけられ、高さは1mほどに成長します。葉を一年中付けており、肥沃で、適度の湿気と水はけの良い土地で生育します。根の使用は3,000年以上前から行われております。

アシュワガンダはいくつかの呼び名で呼ばれています。

ラテン語: *Withania somnifera*

サンスクリット か ヒンズー語 語: アシュワガンダ

英語: インディアンジンセン

(インド人参、ウィンターチェリー)



**TKD**



**NW**





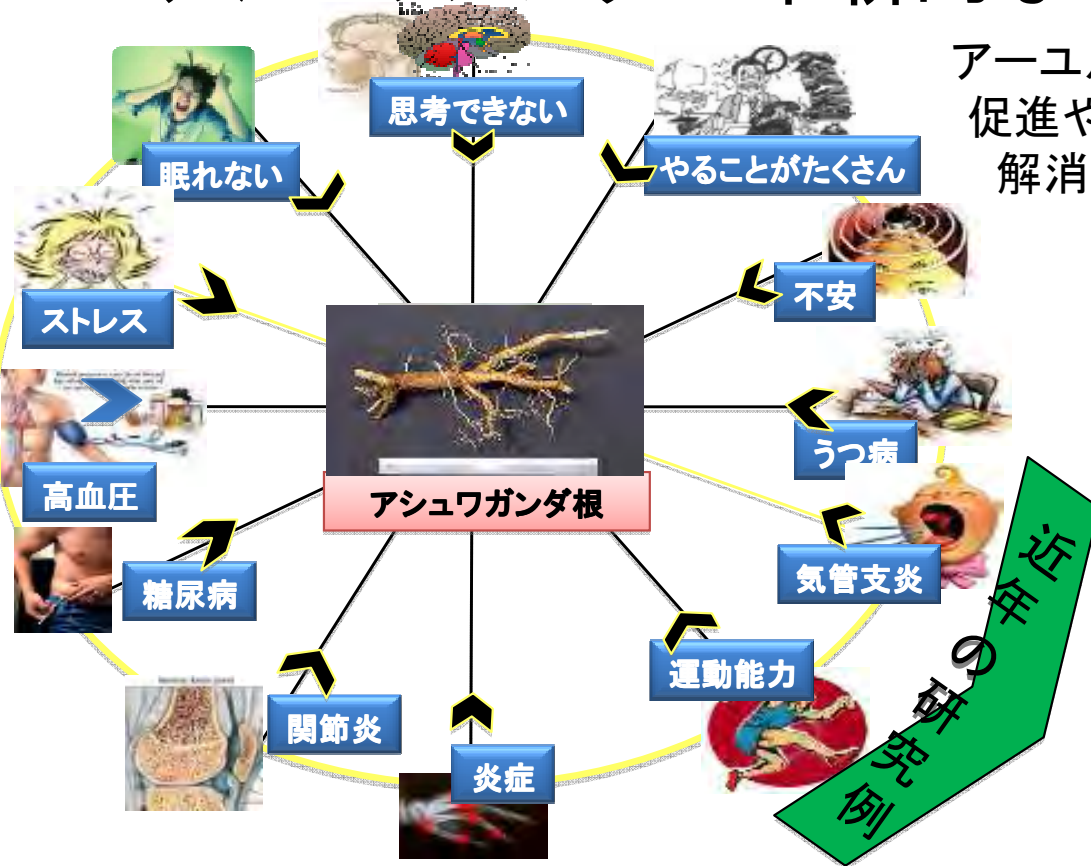
**RW**

**TKD**

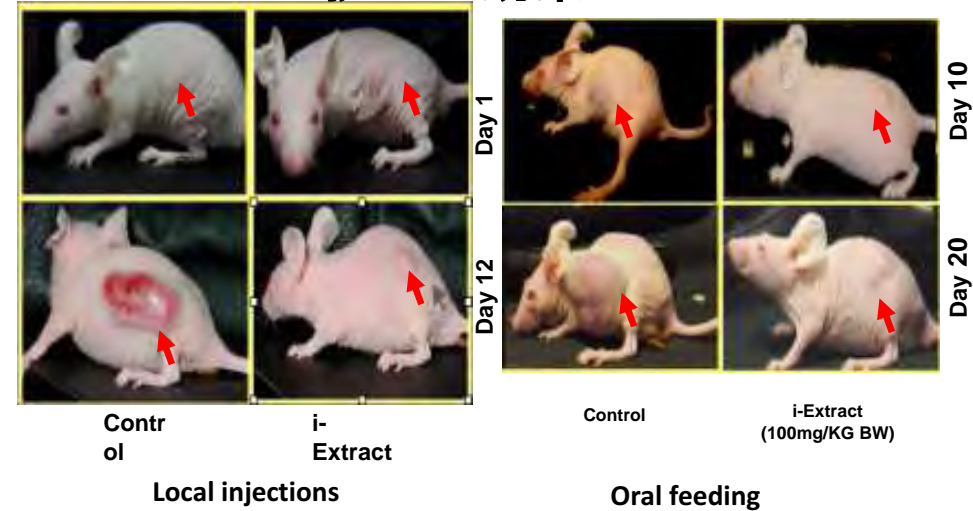


# アシュワガンダ = 革新的な栄養剤?

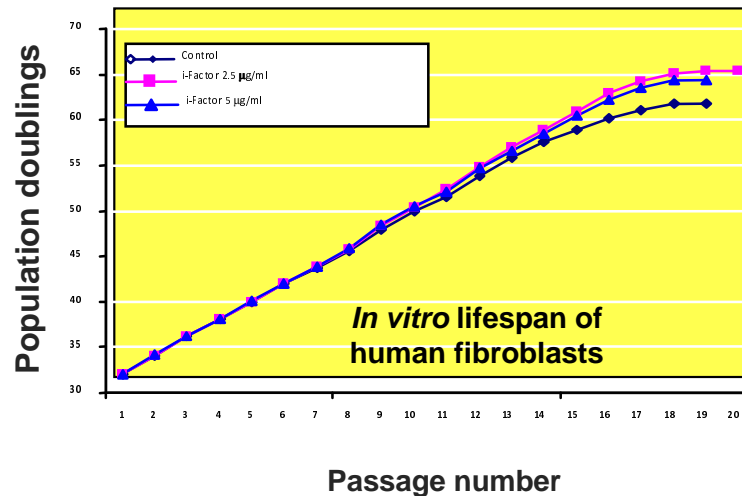
アーユルヴェーダでは、健康促進や生活改善のストレス解消剤として推奨される



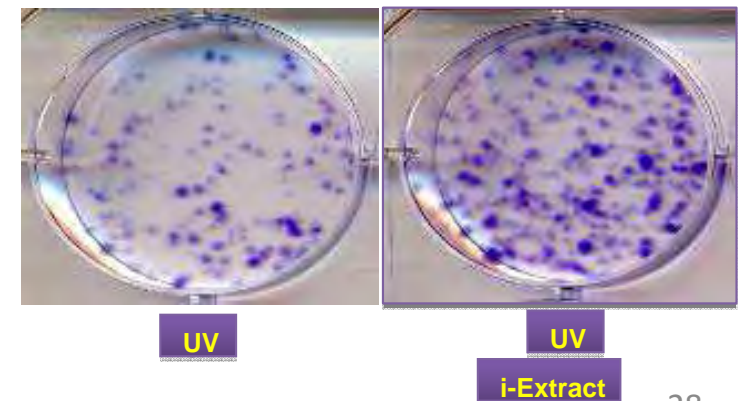
## 抗がん効果



## アンチエイジング



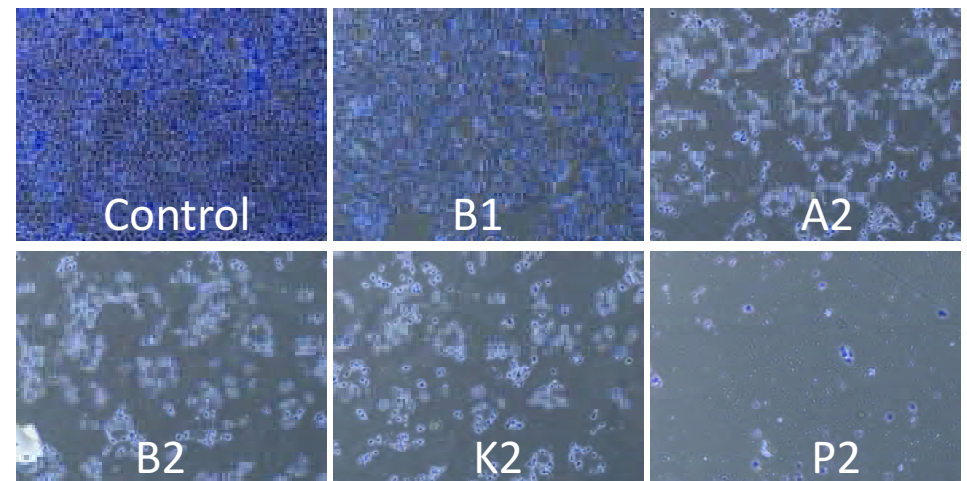
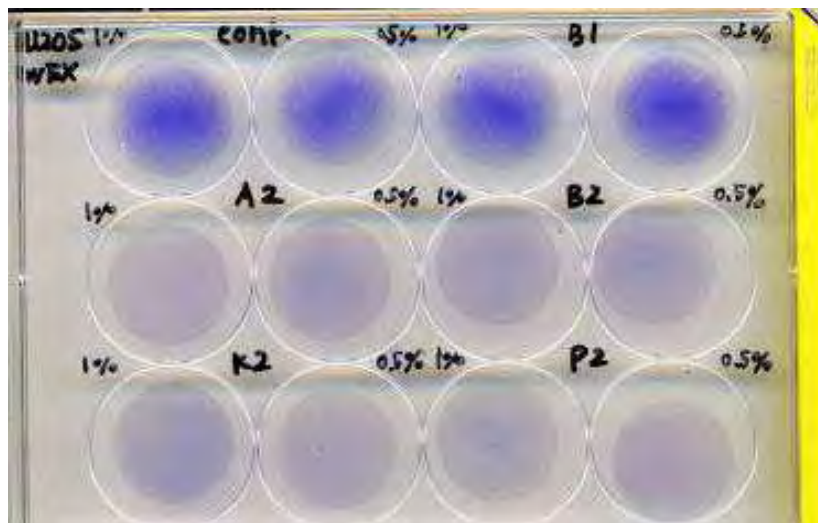
## 抗UVストレス







Cultivation of Ashwagandha in the plant factory



Evaluation of cytotoxicity of Ashwagandha extracts on cancer cell

# ボタンボウフウ

## *Peucedanum japonicum*

ボタンボウフウ                      *var. japonicum* 九州以北  
コダチボタンボウフウ            *var. latifolium* 九州南部, 屋久島~トカラ列島  
ナンゴクボタンボウフウ        *var. australe* 奄美大島以南

- ・常緑多年草
- ・本州(関東以西), 九州, 四国, 琉球列島のほか, 朝鮮半島, 台湾, 中国, フィリピンなどの日当たりのよい海岸沿いに広く分布する.
- ・民間では, 伝承的に鎮咳, 鎮静, 利尿, 強壯作用があるとして, 感冒, 咳止め, 滋養強壯などに用いられていた.
- ・江戸時代にはその根が人参(オタネニンジン)の代用として公に許可されたため「御赦免人参」, 「牡丹人参」と呼ばれた.
- ・サクナ, 長命草(ちょうめいぐさ), 万咲(まあざく)などとも呼ばれ, 和え物や天ぷら, 刺身のつまなどとして食用され, 魚汁や山羊汁の臭み消しにも用いられる.





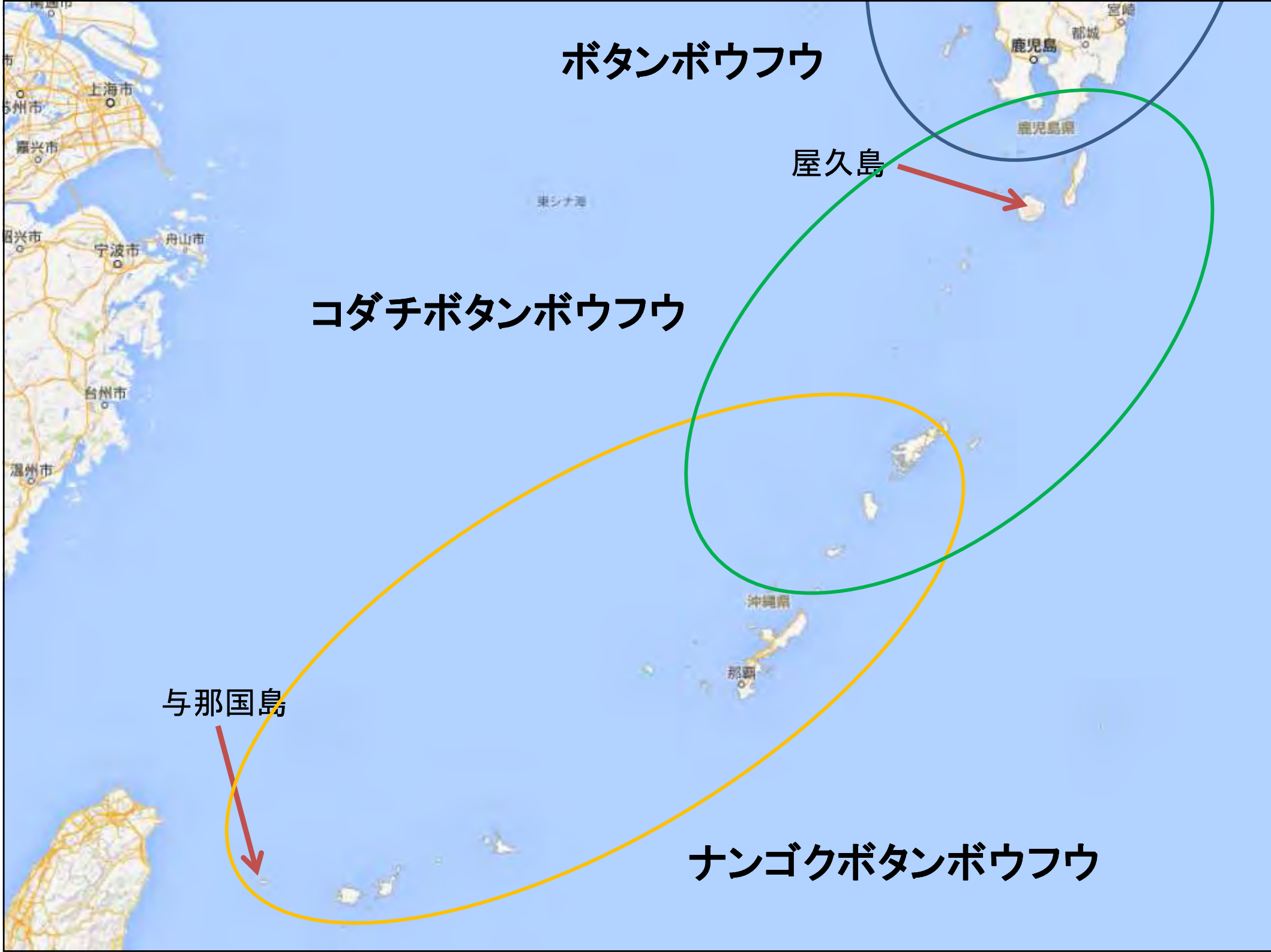
ボタンボウフウ

屋久島

コダチボタンボウフウ

与那国島

ナンゴクボタンボウフウ



「資生堂 長命草」は、カラダ本来の力を引き出す、美と健康の薬です。

資生堂 長命草×タブレット  
100粒入り  
5,200円（税別5,250円）  
※薬の成分はすべて植物由来です。

資生堂 長命草×ドリンク  
100粒入り  
2,000円（税別2,050円）  
※薬の成分はすべて植物由来です。

資生堂 長命草×パウダー  
100粒入り  
1,000円（税別1,050円）  
※薬の成分はすべて植物由来です。

一粒長命草 万咲 美と健康

新発見 未だなく  
徳島県高松市 万咲産地  
独自の栽培技術で育てられたタンボウワウの生産地

「長命草」は、カラダ本来の力を引き出す、美と健康の薬です。毎日飲むことで、カラダの力を引き出し、美と健康をサポートします。

18種のアミノ酸含有！

- アミノ酸
- ビタミン
- ミネラル
- 酵素
- 植物繊維
- フラボノイド
- ポリフェノール
- 有機酸
- 糖質
- 脂質
- 核酸
- 核酸塩基
- 核酸糖
- 核酸塩基糖
- 核酸塩基糖塩基
- 核酸塩基糖塩基糖

食品素材

**TaKaRa エアアオイダ**  
「カラハイオ」は、最新のハイイソフラボン抽出技術により、アフラトキシン、アフラコキシン、アフラクマリンの化学構造を再現し、これら3種のフラボノイドを含有した「TakaRa エアアオイダ」を開発しています。

**TaKaRa アガオリゴ**  
天然の糖鎖分子、アガロースを加水分解して抽出した「アガオリゴ」です。カラハイオは、天然から「アガオリゴ」を抽出して製造する方法を開発し、「TakaRa アガオリゴ」を開発しています。

**TaKaRa 明日葉粉末**  
※高純度明日葉粉末もあります。

**TaKaRa 明日葉青汁**  
※高純度明日葉青汁もあります。

**TaKaRa 明日葉ペースト**  
※高純度明日葉ペーストもあります。

食品素材

**TaKaRa ガジュツ粉末**  
ガジュツ(学名: *Gurjunaceae*) は、シヨウの科ウコン属の植物で「ガジュツ」と呼ばれています。根茎部は生薬・漢方薬として漢方・西洋薬・化粧品などに用いられています。

**TaKaRa トゲトゲコロ粉末**  
トゲトゲコロ(学名: *Dioscorea esculenta*) は、ヤマノイモ科の植物で、食用の一種で、多量に食用に用いられてきた。根茎部の少量の成分が、高純度の粉末として抽出され、高純度の粉末として抽出されています。

**TaKaRa ボタンボウフウ粉末**  
ボタンボウフウ(学名: *Peucedanum japonicum*) は、主に九州・四国・九州の海岸沿いに分布する多年草の多年草です。カラハイオは、ボタンボウフウの根茎部を抽出し、高純度の粉末を開発しています。

化粧品素材

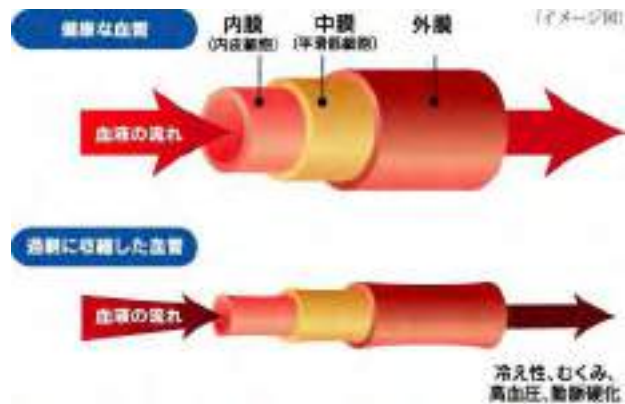
**TaKaRa 万咲 エキス**  
TakaRa ハイイソフラボンから抽出された高純度エキスは、保湿性にすぐれた効果と優れたアフラコキシン・アフラクマリンの含有量です。これまでの化粧品原料とは違う新しい使用感をお楽しみください。

いくつかの企業が商品化している



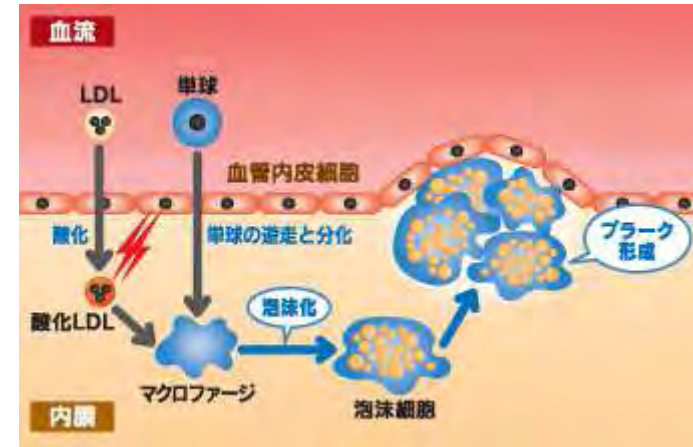
# コダチボタンボウフウ var. *latifolium* イソサミジン

## 血管拡張作用



資料: タカラバイオ

## 動脈硬化予防作用



## 排尿障害改善作用

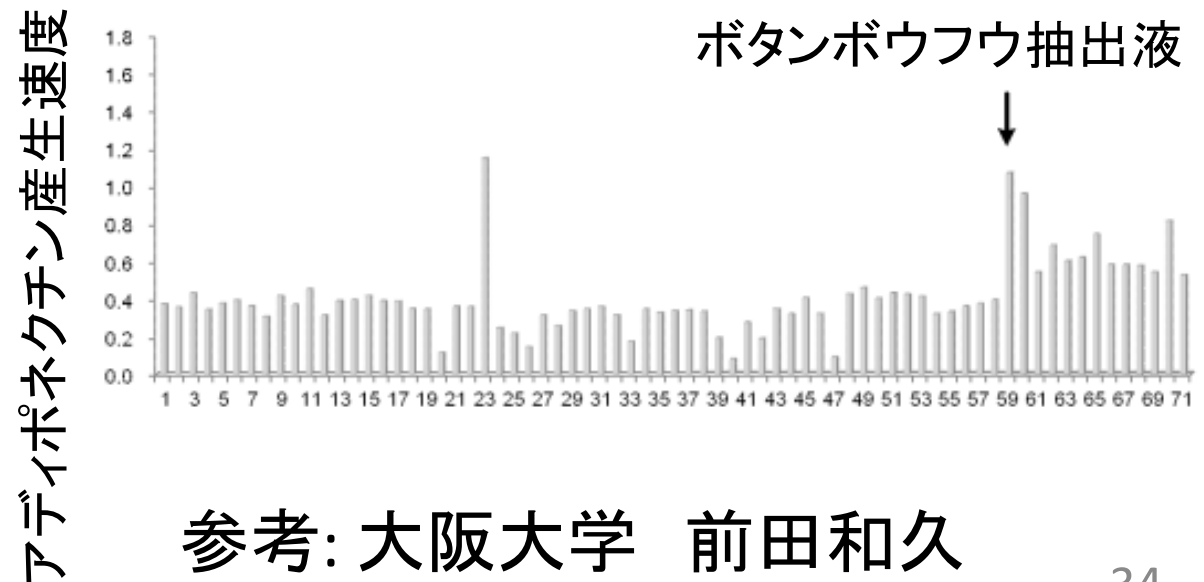
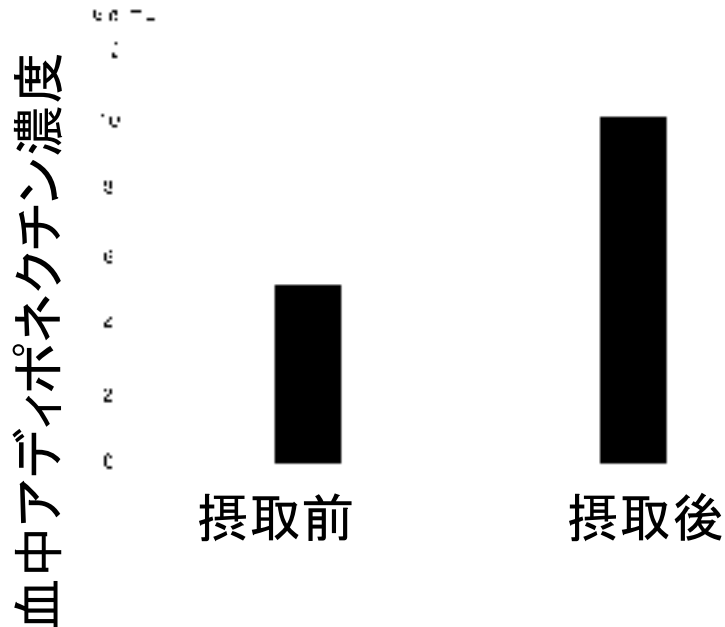


# ナンゴクボタンボウフウ var. *australe*

Stimulating  
the secretion of  
Adiponectin

## ● アディポネクチン

- アディポカインの一種  
脂肪細胞から分泌される
- メタボリックシンドローム  
解消作用
- 動脈硬化, 糖尿病の  
予防作用
- 長寿遺伝子の活性化



参考: 大阪大学 前田和久





# ボタンボウフウの調理用レシピ ボタンボウフウ





# クロロシスの発生

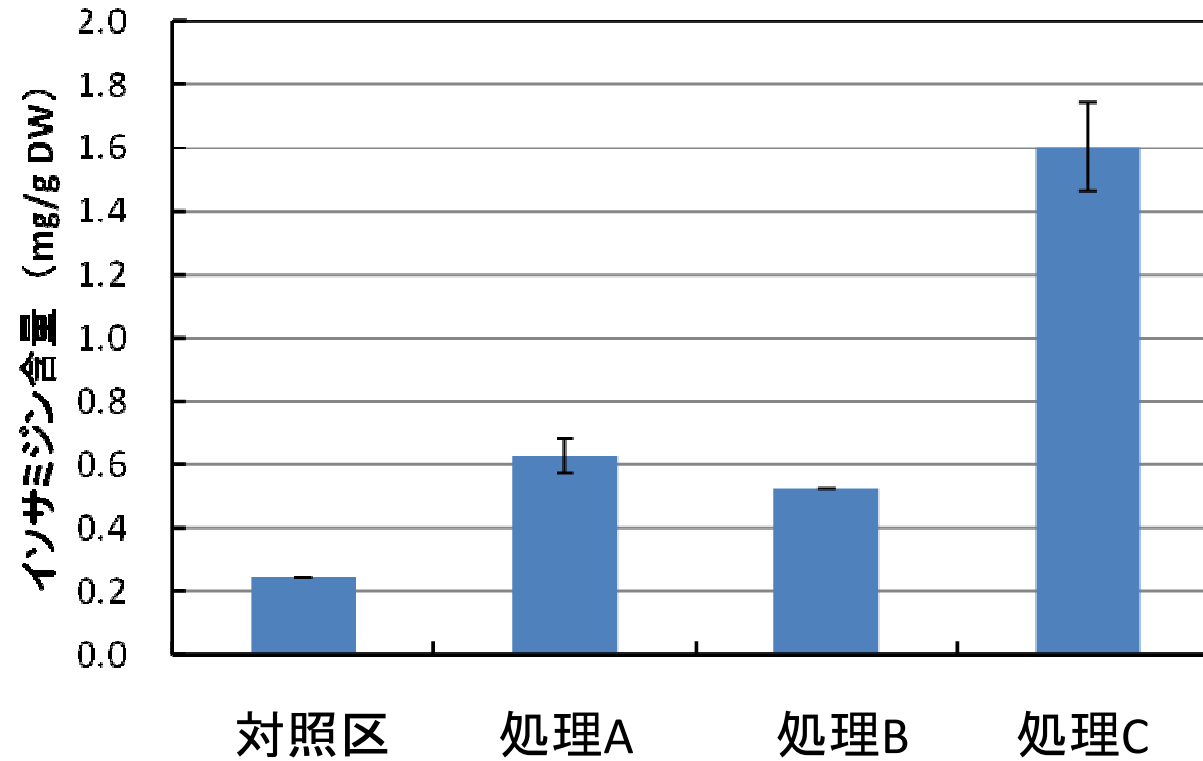


# 培養液濃度と生育





# イソサミジン含量増加技術例



# 水素水の 園芸分野への応用



# 1. 乾燥耐性

水素水処理 乾燥耐性が向上する  
ABAと同様に気孔の閉孔を誘導



鉢花しおれ防止剤への応用

○試験方法

材料 レタス, ホウレンソウ

市販の土壌を入れたポットに播種



生育(3週間)



水素水かん水(7日間)

対照区は純水(7日間)



かん水停止 しおれ誘導



再かん水

生存率調査

(スンプ法で気孔開度の調査)

## 2. 果実の軟化抑制

水素水処理 軟化が抑制される



青果物の品質保持  
ペクチン分解酵素の抑制  
脂質酸化の防止

○試験方法

材料 キーウイ

- a. 貯蔵前の水素水浸漬
- b. 貯蔵中のスプレー処理



穴あきOPP袋に包装  
室温保存



軟化程度をレオメータで計測

ペクチン  
ペクチン分解酵素活性  
脂質酸化程度の測定

果実の軟化

ペクチンの可溶化  
膜脂質の酸化

対策

呼吸抑制(低酸素, 高CO<sub>2</sub>)  
エチレン抑制  
酸化防止



# 3. 切り花への適用



切り花延命剤  
栄養分であるスクロース  
殺菌剤 8HQSなど  
エチレン阻害剤 STSなど

## ○試験方法

切り花(キク, カーネーション)

室温保持



毎日水交換

対照区は純水

処理区は水素水



状態観察

吸水量

蒸散量

エチレン生成量

気孔開度

## 観賞価値喪失の状態

花卉の萎凋

花卉の離脱

落葉

葉の桜花

ベントネック

茎の腐敗

## 原因

老化(エチレン, アブシジン酸)

吸水抑制(バクテリア増殖による  
維管束の閉塞)

栄養不足(光合成不足)

## 対策

低温(老化防止, バクテリア繁殖抑制)

加湿(蒸散抑制)

光照射, CO<sub>2</sub>(光合成促進, 呼吸抑制)

殺菌剤(バクテリア繁殖抑制)

エチレン阻害剤

蒸散抑制剤

糖(栄養補給)

ABA処理

# 4. 黄化, 褐変の抑制効果？

野菜の品質保持

ホウレンソウ 葉の黄化

○試験方法 切り口 褐変

ホウレンソウ, レタス(カットレタス)

a. 貯蔵前のスプレー処理

b. 貯蔵中のスプレー処理(1日1回)

対照区は純水

処理区は水素水



OPP袋に入れ, 室温保持



状態観察

クロロフィル(SPAD計)

褐変度(色差計)

葉の黄化

クロロフィルの分解

アスコルビン酸の酸化

切り口の褐変

ポリフェノールの酸化



# 5. 低温障害の抑制効果？

↳ 低温貯蔵できない青果物の品質保持  
バナナ 褐変  
ナス ピットティング

## ○試験方法

バナナ, レタス

- a. 貯蔵前の浸漬処理
- b. 貯蔵中のスプレー処理(1日1回)

対照区は純水  
処理区は水素水



OPP袋に入れ, 冷蔵庫保持



状態観察

低温障害の状態  
果皮の褐変  
ピットティング

## 原因

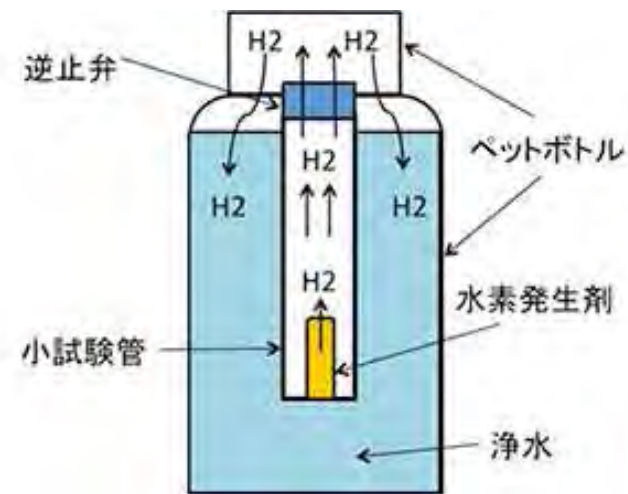
活性酸素による  
膜脂質の酸化  
ポリフェノールの酸化

# 水素水製造法

- ・水素発生剤から発生した水素ガスをペットボトル内の水に溶解させる
- ・水素ガスの発生により、ペットボトル内に5気圧の圧力がかかり、7ppm溶解する
- ・水素濃度の測定法は、白金コロイド含有メチレンブルー滴定法
- ・水素水の製造には純水(イオン交換水)を使用する
- ・この方法により製造した水素水と、純水への空気の通気により溶存酸素を飽和させた水を1:1で混合し、実験に用いる



TRUST WATER HPより



Miz株式会社HPより



# 実験の概要

	材料	実験場所	水素水処理	日程
1. 乾燥耐性	レタス ホウレンソウ	人工気象室 16H 明期 25/20°C	かん水(毎日)	9月上旬播種 9月下旬処理 10月上旬評価
2. 果実軟化 抑制	キーウイ	室内 25°C一定	貯蔵前処理(浸漬) 貯蔵中処理 (スプレー, 1日1回)	9月下旬~約2週間
3. 切り花延命	カーネーション キク	室内 25°C一定 弱光	水の交換(毎日)	9月下旬~約2週間
4. 黄化, 褐変 抑制	ホウレンソウ レタス	室内 25°C一定 暗黒	貯蔵前処理 (スプレー) 貯蔵中処理 (スプレー, 1日1回)	9月下旬~約2週間
5. 低温障害 抑制	バナナ ナス	冷蔵庫 約8°C 暗黒	貯蔵前処理(浸漬) 貯蔵中処理 (スプレー, 1日1回)	9月下旬~約2週間