

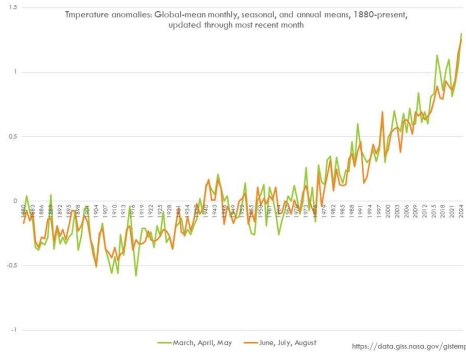
気候変動適応型作物の創出技術 の開発および活用

1. 理化学研究所環境資源科学研究センターの紹介
2. EGAO(Ethanol-based Global Agricultural Optimization)
技術の活用による気候変動適応型作物の創出

関 原明

理化学研究所環境資源科学研究センター
植物ゲノム発現研究チーム

2024年も熱波、干ばつなどの異常気象が世界中で起きている

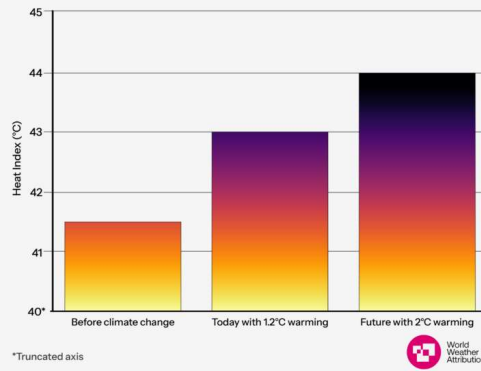


<https://www.nasa.gov/earth/nasa-finds-summer-2024-hottest-to-date/>

NASA 2024年9月11日

2024年の夏（6月～8月）は、北半球で観測史上最も暑い夏平均気温が過去の平均を0.6°C上回る

How has climate change influenced the intensity of five-day heatwaves in Mali and Burkina Faso?



<https://www.worldweatherattribution.org/extreme-sahel-heatwave-that-hit-highly-vulnerable-population-at-the-end-of-ramadan-would-not-have-occurred-without-climate-change/>

World Weather Attribution 2024年4月18日

2024年3月末から4月初めにかけて、ブルキナファソで最高気温45°C、マリで48.5°Cを記録。異常な高温が観測

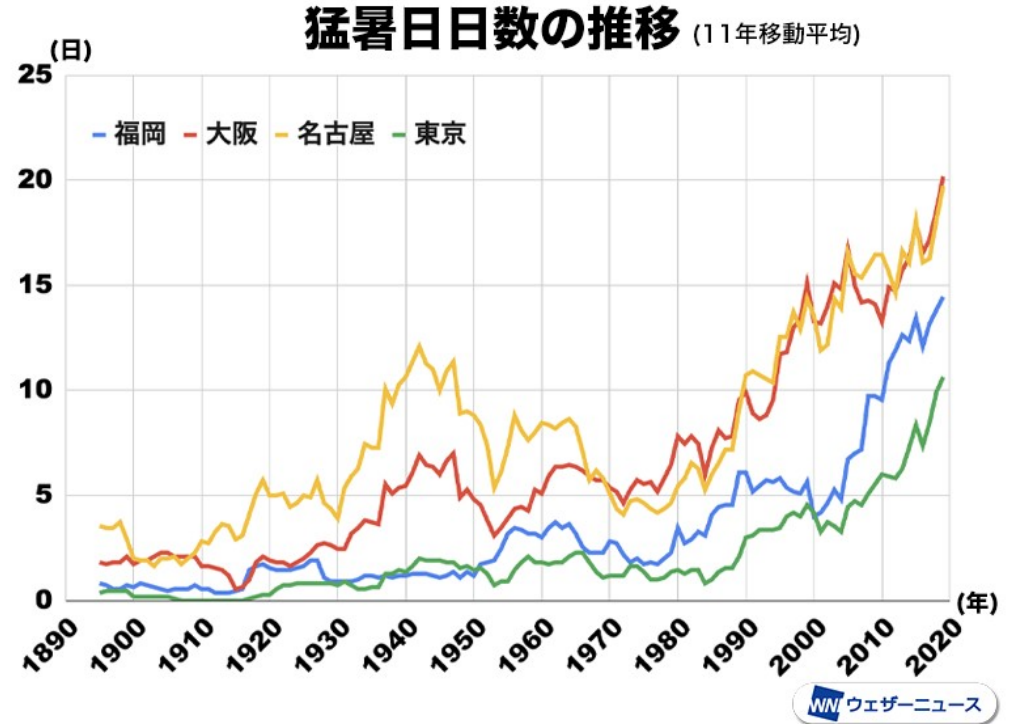


<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20241005/k10014601841000.html>

NHKニュース 2024年10月5日

アマゾン川 干ばつで支流の水位が観測史上最低に物流など影響

2024年、全国のアメダス観測地点での猛暑日の延べ地点数が10,000を超え、昨年を大幅に上回る過去最多を記録
 (ウェザーニュース、2024年10月16日、
https://weathernews.jp/s/topics/202409/260235/?utm_source=chatgpt.com)



トマトやキャベツ、ダイコン、ホウレンソウ、レタス、ネギなどの野菜類やブドウなどの果物類の不作

<https://pr.agrinews.co.jp/ad/tomato202412/post/10136> ;
<https://www.fukuishimbun.co.jp/articles/-/1940285> ;
<https://news.yahoo.co.jp/articles/3265bdf9495ad090f580500fe3beaee5624cf44c>



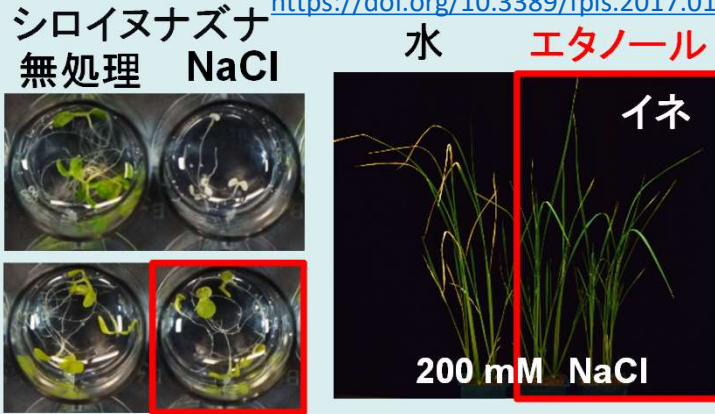
(NHKニュース、2024年8月4日、
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240804/k10014536631000.html>)

エタノールによる高温・乾燥・塩耐性強化を 世界に先駆けて発見 (関TLはAAAS2020にて招待講演)

耐塩性

Nguyen, Sako et al. (2017) *Frontiers*

<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01001>



エタノール

活性酸素種 (ROS)
の蓄積が減少



NaCl	+	+
エタノール	-	+

高温耐性

Matsui, Todaka et al. (2022) *Plant Mol. Biol.*

[10.1007/s11103-022-01291-8](https://doi.org/10.1007/s11103-022-01291-8)

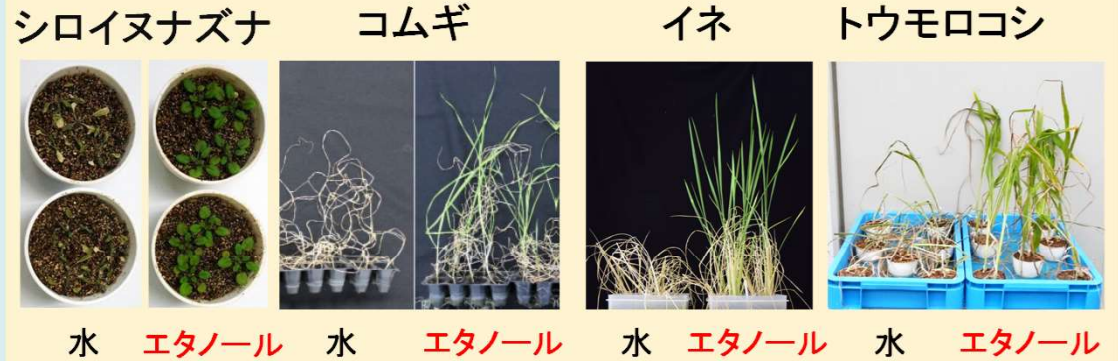
シロイヌナズナ レタス
水 エタノール 水 エタノール



乾燥耐性

Bashir et al. (2022) *Plant Cell Physiol*

<https://doi.org/10.1093/pcp/pcac114>



Vu, Utsumi et al. (2022) *Plant Mol Biol*
[10.1007/s11103-022-01300-w](https://doi.org/10.1007/s11103-022-01300-w)

エタノール処理により気孔の閉鎖が誘導

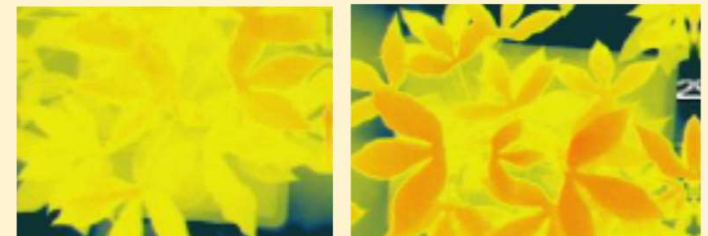
キャッサバ

水処理 エタノール処理

乾燥
ストレス

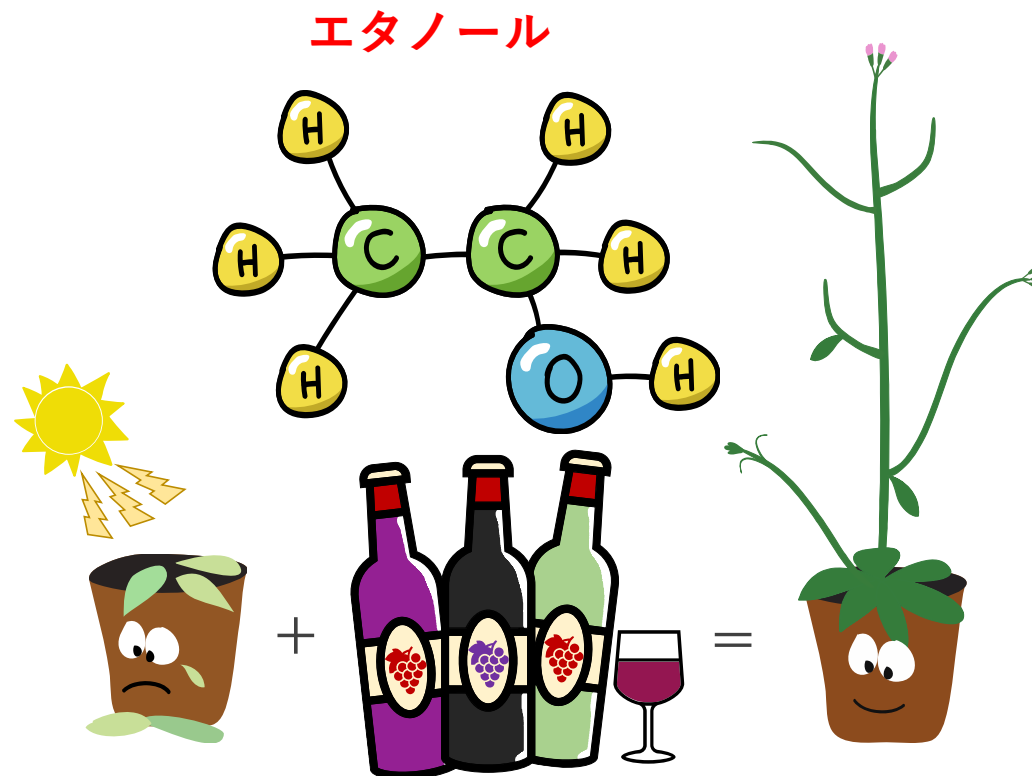
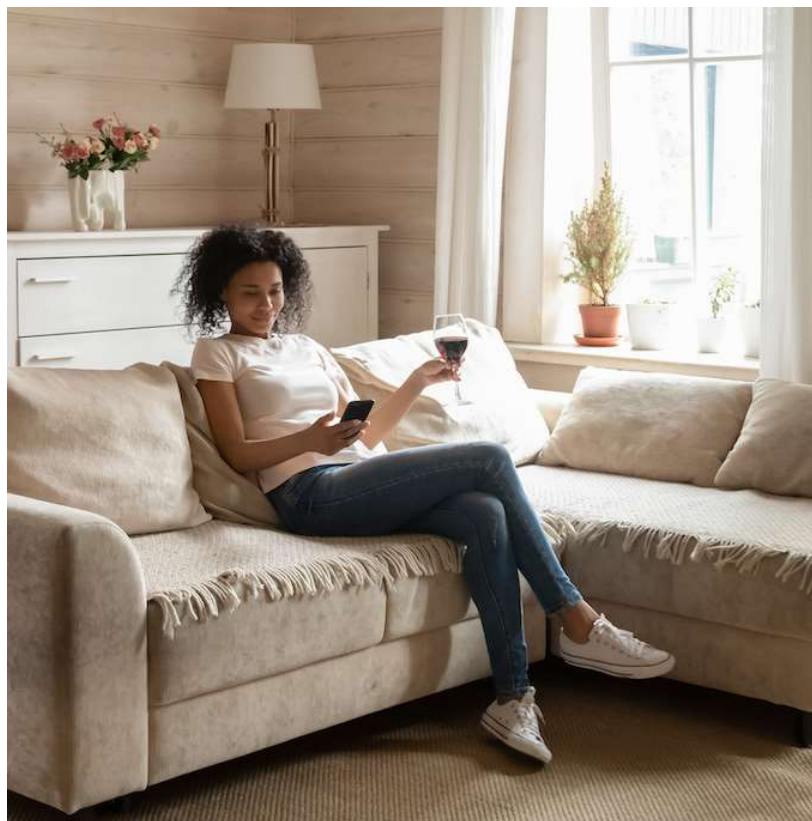


葉の表面
温度測定



アルコールの美しさ（魔法）

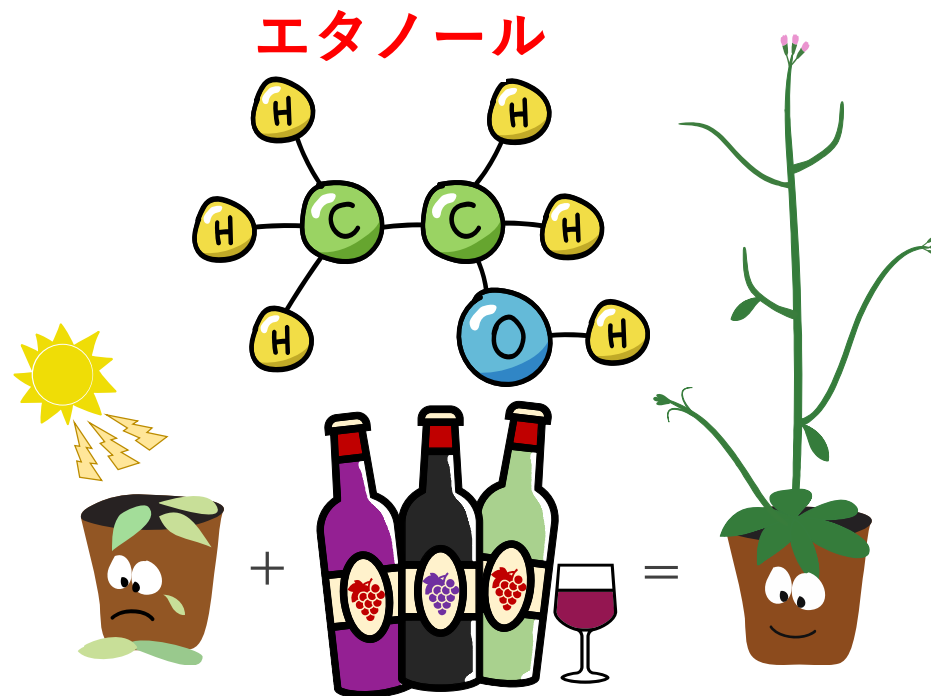
エタノールの潜在的な利用：
植物の非生物学的ストレス耐性の向上



- ・ 砂糖をエタノールに発酵させることは、人類が最初に開発したバイオテクノロジー (Wikipedia)。
- ・ ストレスを感じている大人は何千年もの間、リラックスするためにアルコールを使用。

エタノールによる植物へのストレス耐性強化技術を “Ethanol-based Global Agricultural Optimization (EGAO)” と命名しHPを公開

EGAO (笑顔) is a Japanese word that corresponds to
“Smile” in English.



エタノールの利点：

- 環境に比較的やさしく広く利用されている（食品、飲み物、消毒剤など）
- 安全で安価。どこでも誰でも、様々な植物に利用可能

<https://pgn.riken.jp/egao/index.html> “EGAO”と“エタノール”で検索

EGAOの分子機構

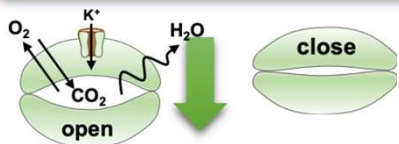


Ethanol-based
Global
Agricultural
Optimization

エタノールを含む
水を与えると...

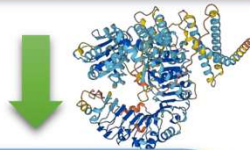


気孔を閉じて水分の
蒸発を減らす



乾燥耐性強化

不完全なたんぱく質の
折りたたみを減らす



高温耐性強化

毒である活性酸素の
蓄積を抑える



耐塩性強化

糖の蓄積を増やす



品質向上

エタノール投与により作物の高温ストレス耐性が向上した事例 トマト

(エタノール前処理 + 高温ストレス処理)

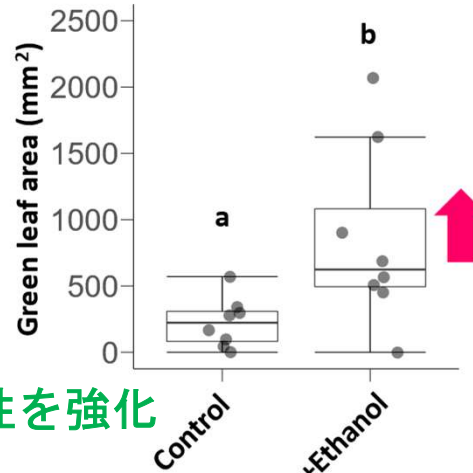
高温 50°C, 4時間 (播種後約2週間の植物体)

コントロール

+エタノール



Bar = 2 cm



エタノール処理はトマトの高温耐性を強化

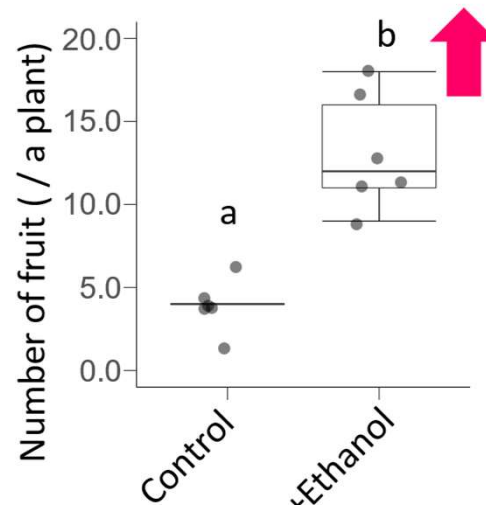
高温 50°C, 2.5時間 (播種後約2週間の植物体)

コントロール

+エタノール



Bar = 5 cm

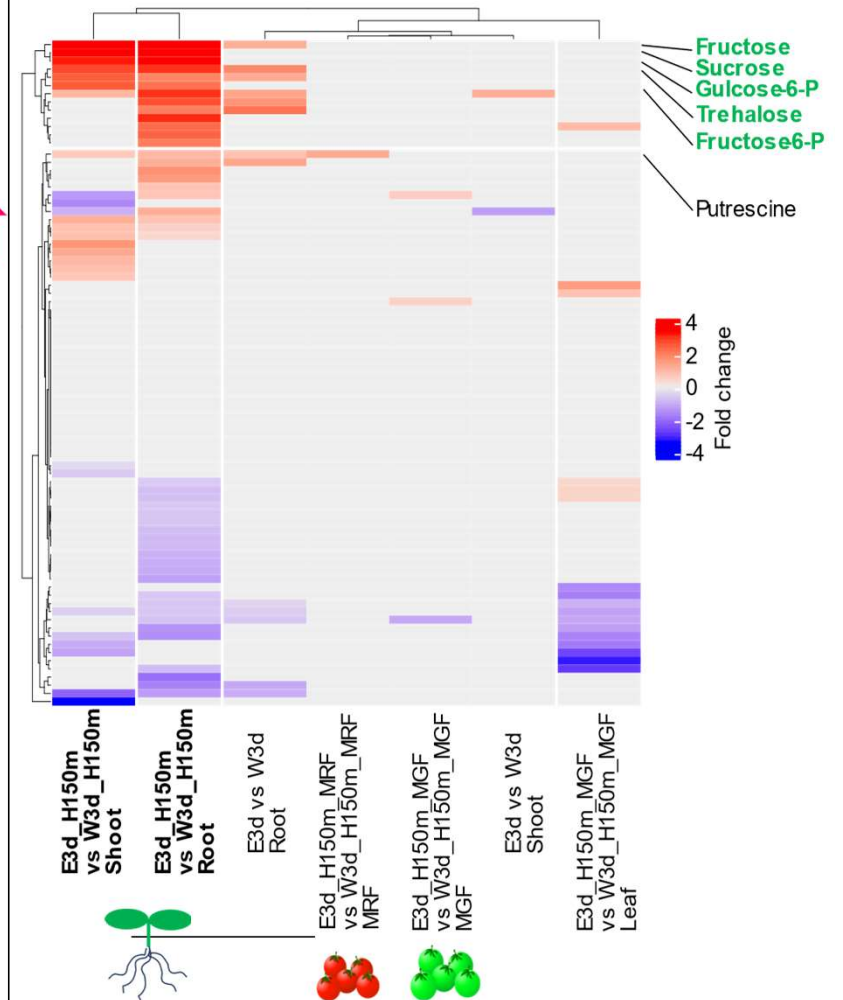


エタノール処理は高温処理後のトマトの果実の数を増加

(Todaka et al. Front Plant Sci 2024)

<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1325365>

メタボローム解析



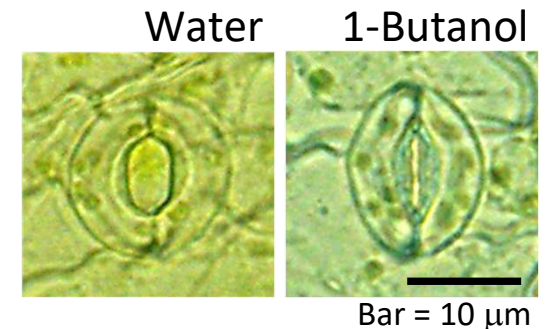
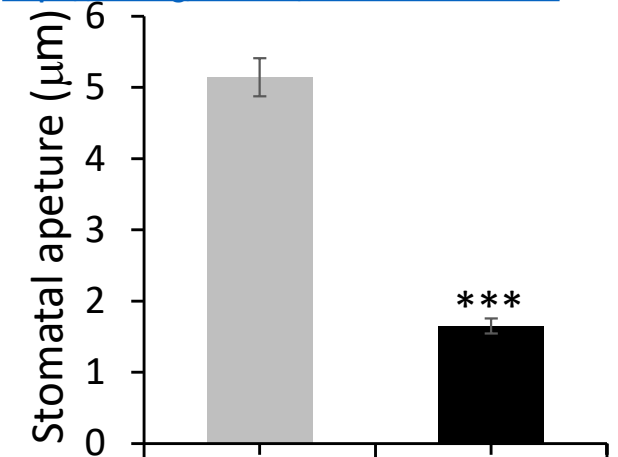
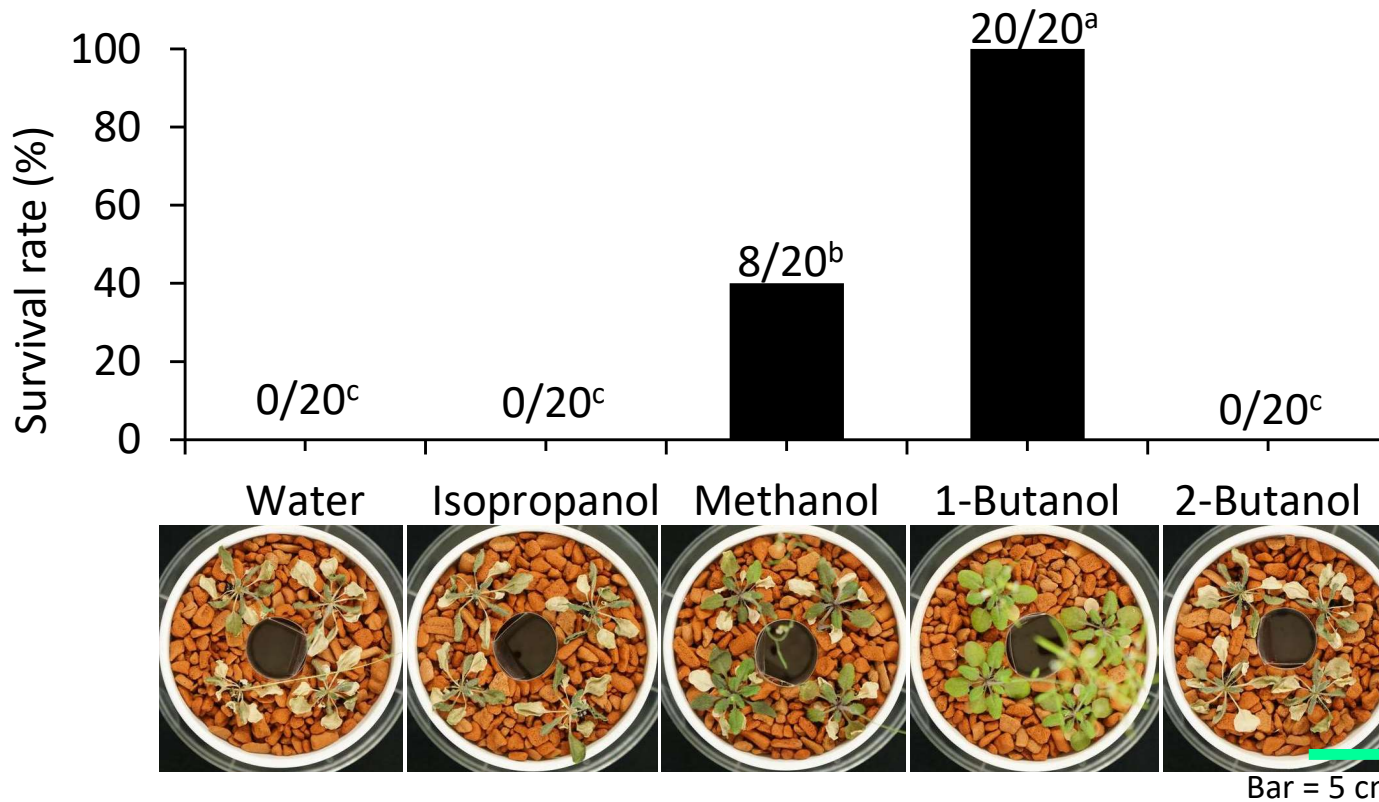
糖の含量はエタノール処理して3日後の植物体で増加

1-ブタノールが植物の乾燥耐性を高めることを発見 – アルコールによるストレス耐性強化の分子機構の解明に期待 –

(Quynh et al., Plant Mol Biol 2024)

<https://doi.org/10.1007/s11103-024-01479-0>

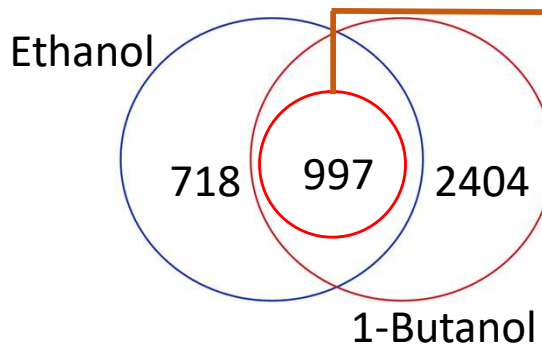
アルコール前処理+乾燥ストレス処理



1-ブタノールで処理するとシロイヌナズナの乾燥耐性を高める

1-ブタノール処理により気孔閉鎖が促進される

トランスクリプトーム解析 (エタノール前処理または1-ブタノール前処理した植物の乾燥処理時の比較)



GO term analysis

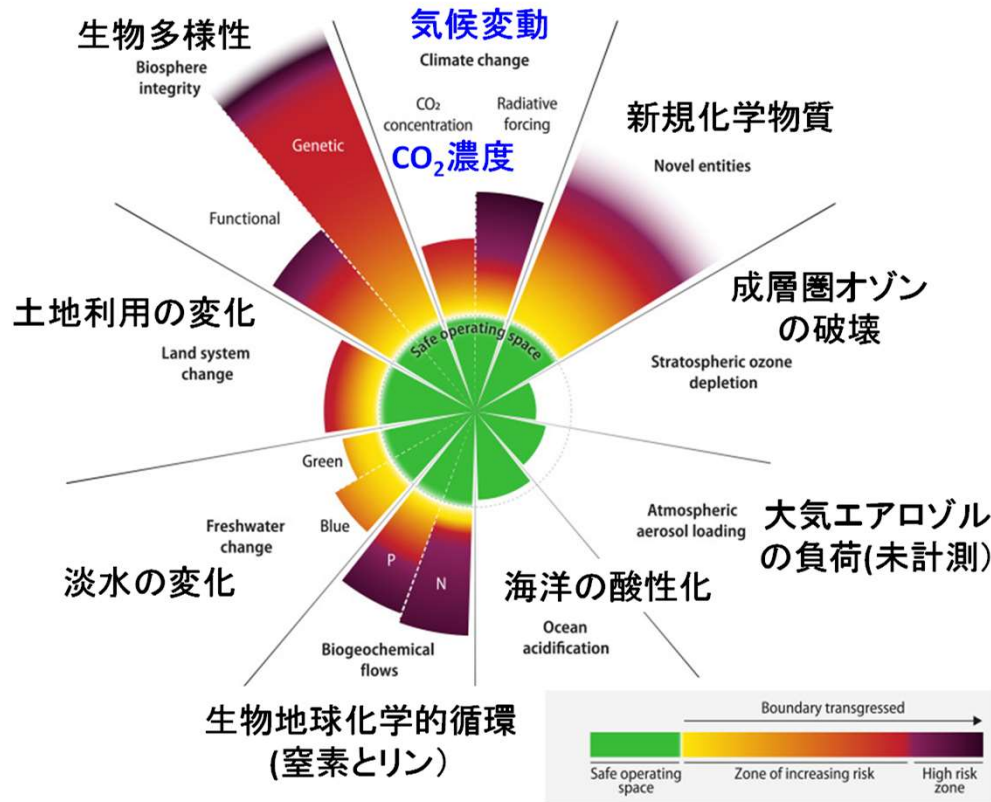
GO biological process complete	Fold Enrichment	FDR
glucosinolate biosynthetic process (GO:0019761)	7.37	8.12E-12

グルコシノレート生合成過程に関与する遺伝子 (GO:0019761) などが、エタノールや1-ブタノールで処理することにより共通して発現誘導

背景

プラネタリーバウンダリーの最新状況

(Rockström et al. 2009, Nature; Richardson et al. 2023, Science Adv.)



気候変動、生物多様性、窒素・リンの循環、新規化学物質、土地利用の変化、淡水の変化については既に許容限界量を超えて復元不可能な環境変化が生じる可能性がある

2015年：パリ協定がCOP21で採択。産業革命前からの世界の平均気温上昇を「2度未満」に抑える（「1.5度未満」を目指す）。

2020年：菅義偉首相（当時）が「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言。大気中のCO₂除去 (CDR, Carbon Dioxide Removal) が必須。

IPCC(気候変動に関する政府間パネル) による推定で、2050年に約20~100億トン/年のネガティブエミッション技術(NETs)の活用によるCO₂除去が必須と試算。

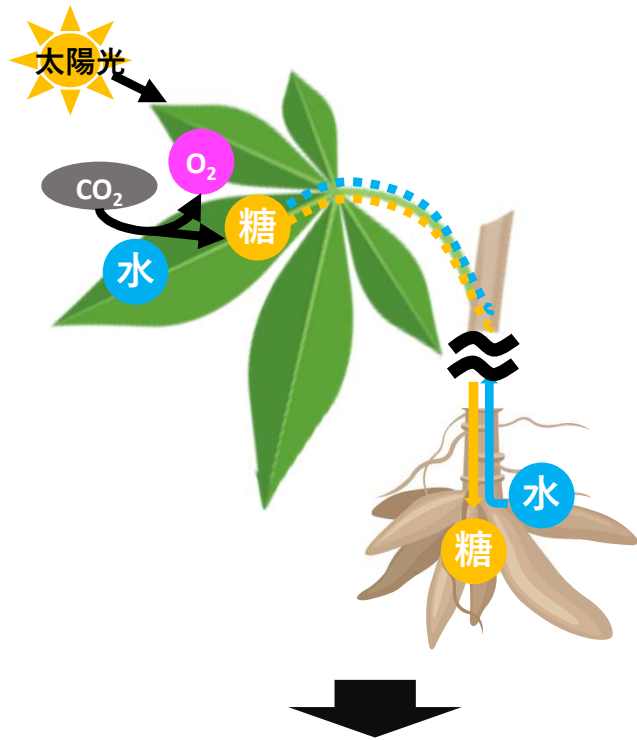
諸外国において、NETsの社会実装に向けた動きが加速。米国、EU、英国はCDRの必要性と今後の取り組み方針を相次いで公表。

我が国においても、2022年度以降、グリーンイノベーション戦略推進会議およびWGにおいて、NETsの要素技術の分類や、各分類の世界規模でのコスト、ポテンシャルの分析を踏まえ、今後の対応について議論。

2022年8月：五神真理事長が、「RIKEN's Vision on the 2030 Horizon」を公表。脱炭素、完全循環型社会の実現に資する行動等が例示。

植物はCO₂を吸収して光合成により澱粉（糖）を生産する能力を有している。

⇒植物は環境に優しい究極のエコ資源の一つ

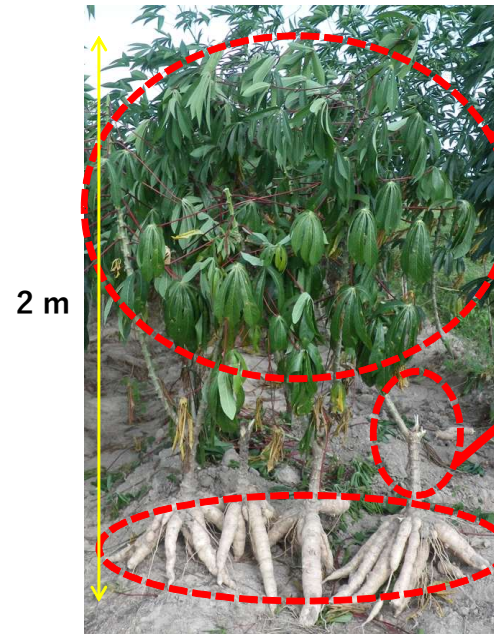


世界的にも植物のCO₂を吸収する能力を活用して、環境に優しく、かつ、CO₂を大量に削減するネガティブエミッション技術の開発が激化

キャッサバ：眠れる戦略資源

CO₂削減に貢献する澱粉資源作物
(約1.4億トンのCO₂を吸収、2018FAOデータから計算)

挿し木後1年



- 葉：
・家畜の飼料
・エリ蚕の餌



- 茎：
・繁殖に利用

- 根：
・タピオカ澱粉
・食料・バイオマス

- 生育：
・肥料なしでも育つ
・悪環境下(乾燥地、貧栄養土壌等)でも育成可能



サトウキビ：食糧危機や気候危機などの地球規模課題に貢献する、熱帯・亜熱帯地域の重要な糖源作物 (CO₂削減に貢献、約4.1億トンのCO₂を吸収)

- ・ 食料（砂糖）やバイオ燃料などとして世界中で広く利用
- ・ **ブラジルは世界最大のサトウキビの生産国（39%）、世界のバイオエタノールの約3割を生産**



日本政府もブラジルとの脱炭素協力、バイオ燃料推進に大きな期待

- ・ 5月に岸田前首相がブラジル訪問し、「2050年のカーボンニュートラル実現に向け、バイオ燃料など両国の強みを結合させる」とする共同声明
- ・ 11月に石破首相がG20参加などのためブラジル訪問し、環境・気候変動対策などについて議論

パキスタン
(5%)

中国
(6%)

FAO STAT2021 (<http://faostat.fao.org/>)

米国(2%)

インド タイ
(22%) (4%)

メキシコ(3%)

ブラジル
716 Mt/year
(世界最大、39%)

サンパウロ大学との共同研究がNHKニュースで紹介

(<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240315/k10014392691000.html>)

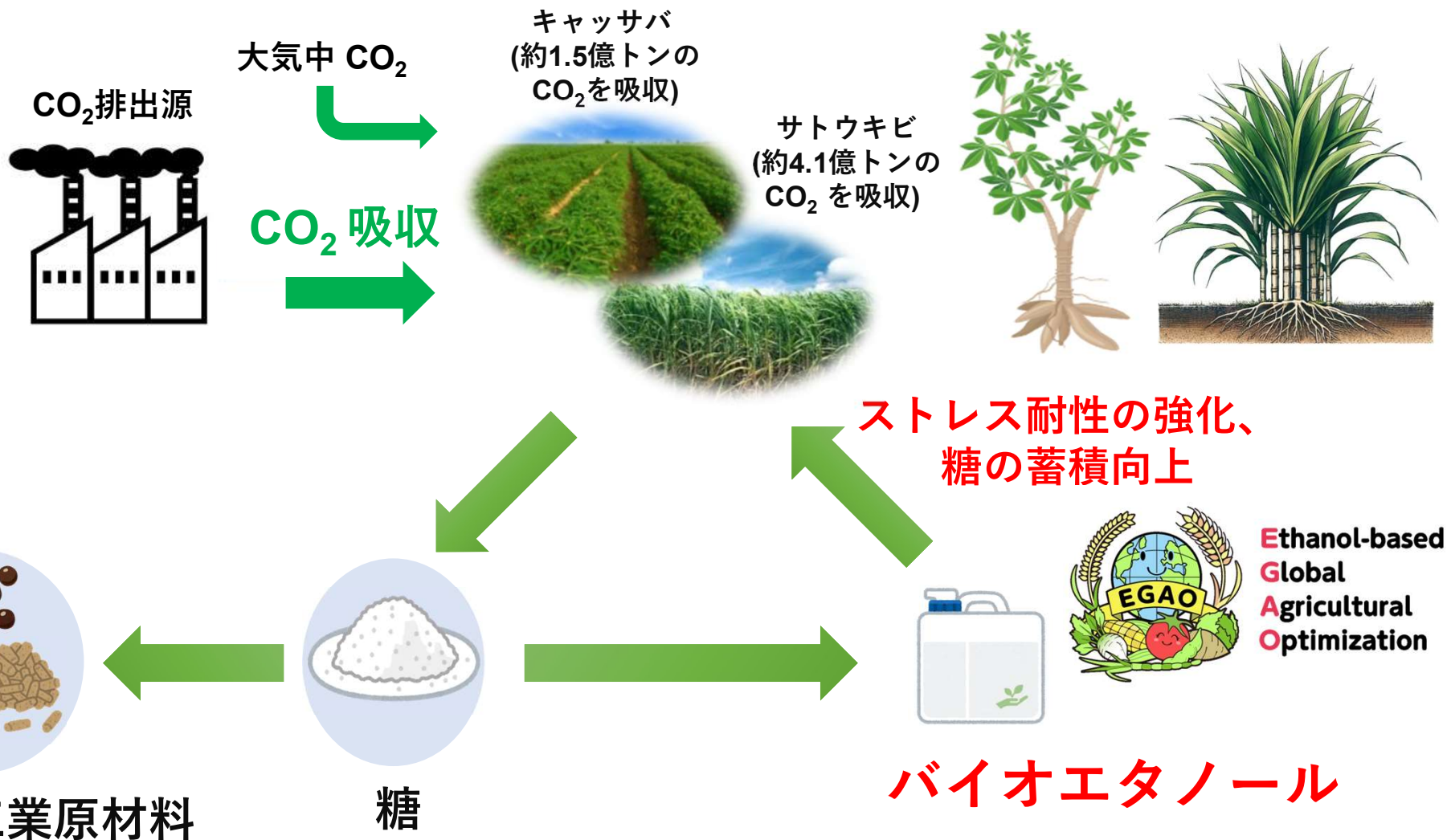


ブラジルではエタノールはガソリンスタンドでガソリンより4割安く販売



EGAO (Ethanol-based Global Agricultural Optimization) 技術を
キャッサバ、サトウキビなどのストレスに強い糖源作物へ応用

糖質資源作物



国内におけるキャッサバ生産地



連携提案課題：

1. キャッサバの国内生産増加に向けた試験研究
2. エタノールによる作物へのストレス耐性強化の試験研究

キャッサバやエタノールを用いた連携研究にご興味ある方は、
関 (e-mail: motoaki.seki@riken.jp; Tel: 045-503-9587)までお知らせ下さい。