

作物の地上部・地下部環境を協調的に 制御する栽培管理システムの開発

明治大学 農学部 農場
専任教授 岩崎 泰永

2022年10月18日

(概要)

近年、日照不足や高温、低温など平年とは大きく異なる気象条件が頻繁に発生している。施設を利用した果菜類の生産において、栄養成長、生殖成長のバランスを適切に維持するために、変動する気象条件に対応した環境管理、肥培管理の設定を支援するシステムが望まれている。

本発明では、植物生理学的な知見に基づいて、地上部環境管理と地下部環境管理(施肥量)が光合成産物の分配や花芽分化に及ぼす影響を表現できるモデルを開発した。その生育モデルを環境制御システムに実装し、気象条件、作物の生育状況に合わせて、作物の地上部・地下部環境を協調的に制御する栽培管理システムの開発を行う。

従来技術とその問題点

近年、施設園芸の生産現場においては環境制御についての関心が高まっている。クラウド対応の環境モニタリングシステムの導入が進み、また、複数の国内メーカーから環境制御システムが市販されている。施設内の気温や湿度、CO2濃度など地上部環境のモニタリングやそれらの調節について、多くの生産者が取り組んでいるが、その一方で、根域の養分や水分状態など地下部環境については関心が薄く、肥培管理、すなわち養水分供給の調節と、地上部環境の統合的な調節はほとんど行われていない。

気象の変化に合わせて地上部環境だけでなく、地下部環境の管理も統合的に制御する、つまり、環境管理と肥培管理を同時に最適化する手法の確立が求められている。

新技術の特徴

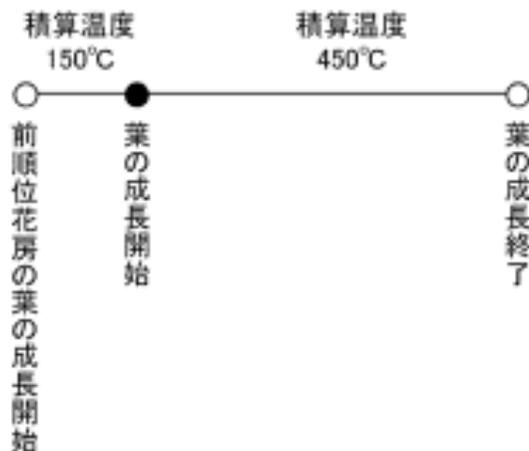
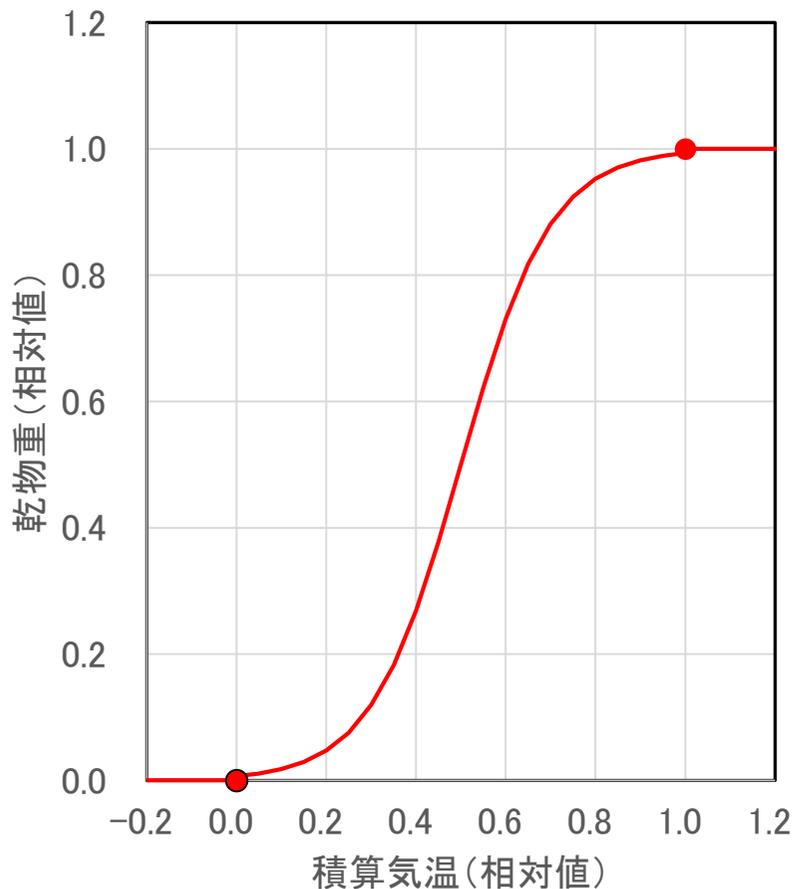
- ① 窒素(N)分配量が各器官のシンク強度を決定し、その器官に対する光合成産物(C)の分配量を決定する
- ② 上記(1)に基づいて決定したシンク強度の合計値と、光合成産物の量(ソース強度)の関係から(例;ソース強度/シンク強度)から適切な気温と施肥量を算出する

従来技術

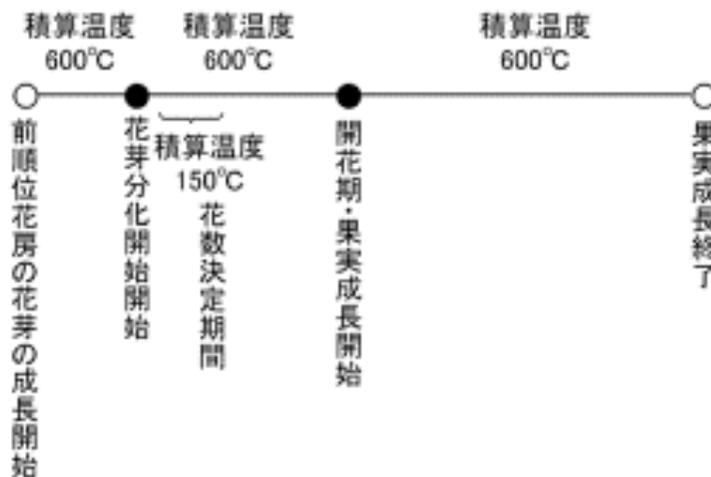
葉の展開速度、花房の発生速度、果実の着色は
気温の影響を強く受ける

(a)

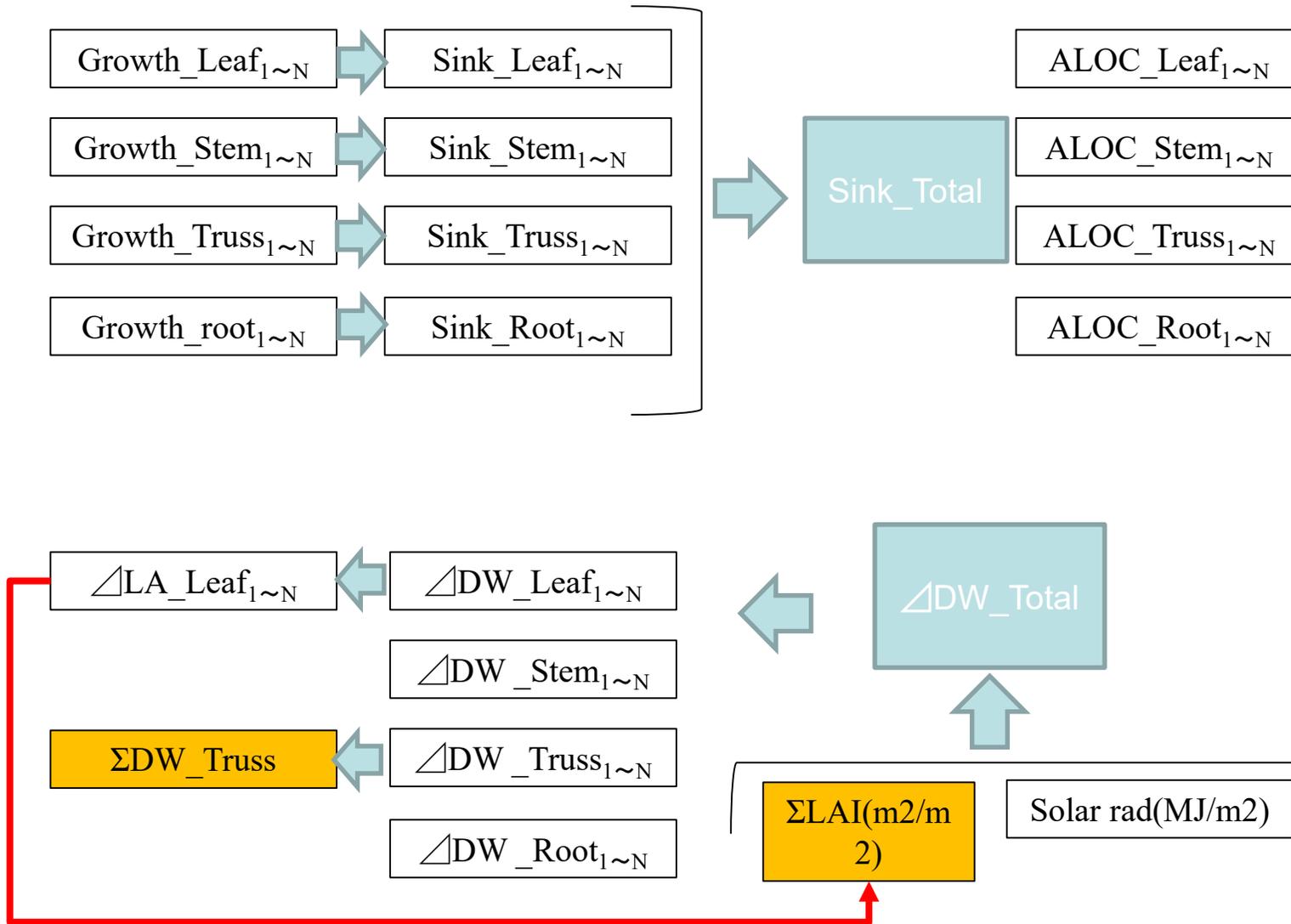
根、茎、葉、果実の乾物重増加



(b)



従来技術



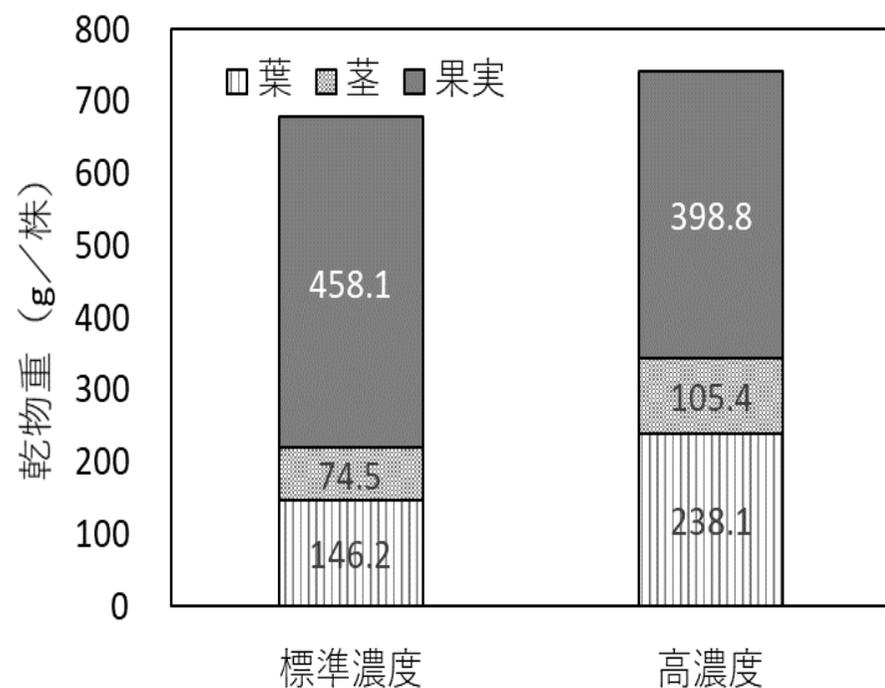


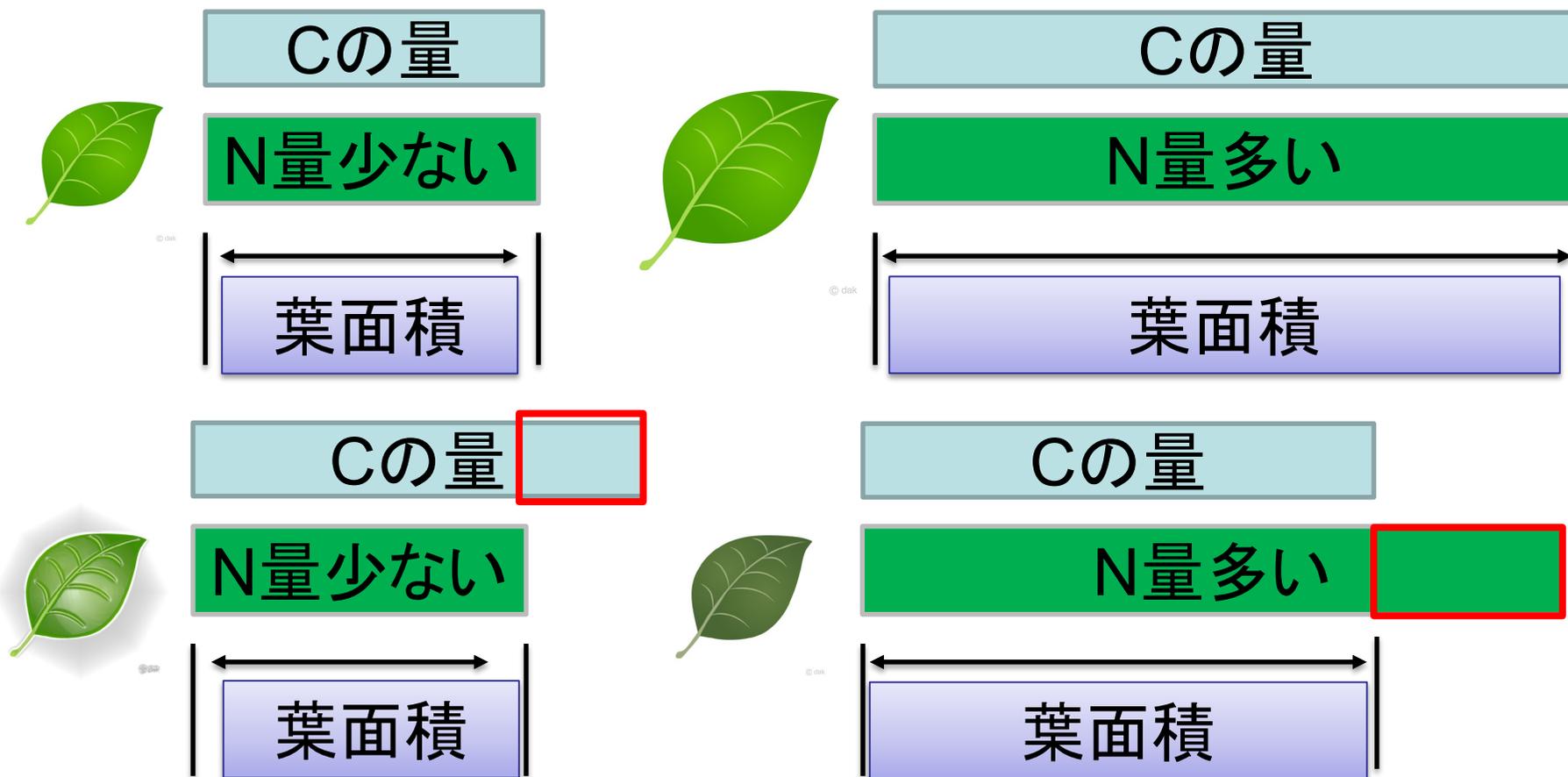
図1 培養液濃度の違いがトマトの乾物重および乾物分配に及ぼす影響 (岩崎ら、2014)

表1 培養液濃度の違いが、器官別窒素量、含有率に及ぼす影響

調査部位	標準濃度	高濃度
	g-N/株 (W/W%)	
葉	5.0 (3.55)	8.3 (3.47)
茎	1.8 (2.37)	2.7 (2.53)
果実	13.3 (2.90)	11.5 (2.89)
合計	20.1	22.6

培養液濃度が高い場合、茎葉の乾物重は大きく増加したが、果実の乾物重は変わらなかった。この際、器官別の窒素含有率(W/W%)はとほとんど変わらず、器官別の窒素量(g-N/株)は、茎葉部が大きくなった。

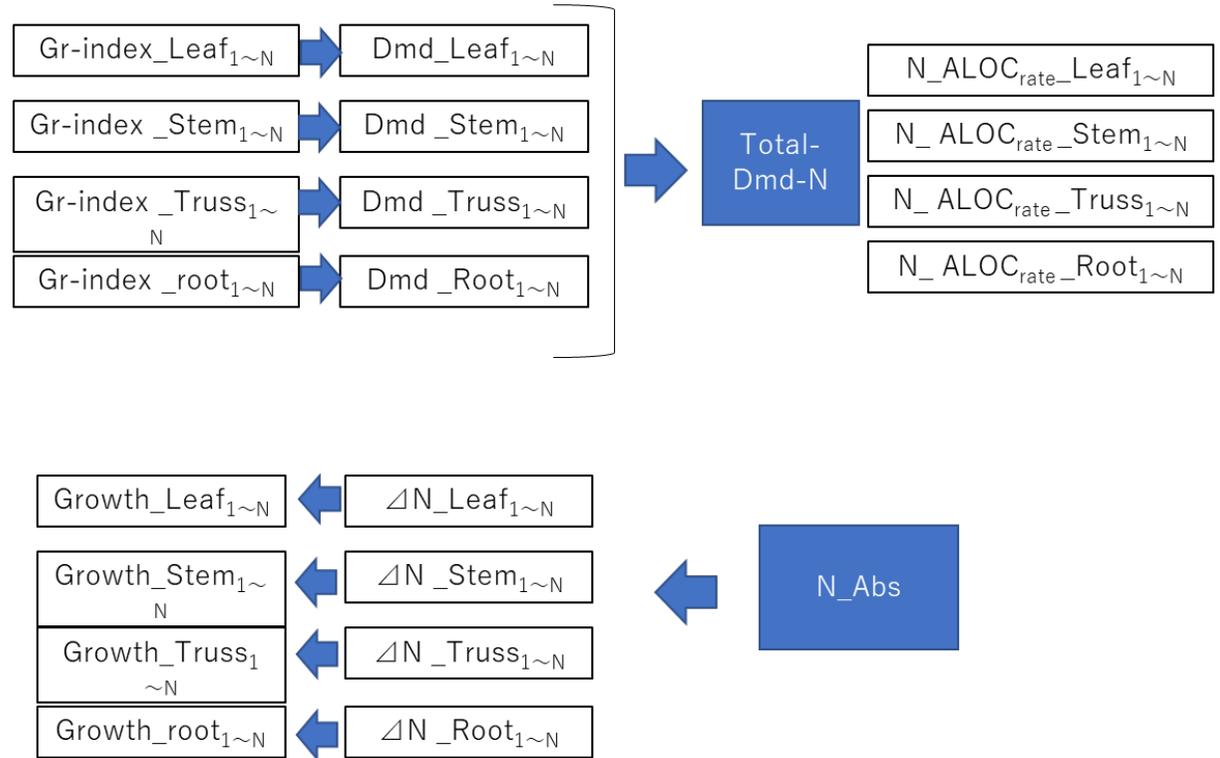
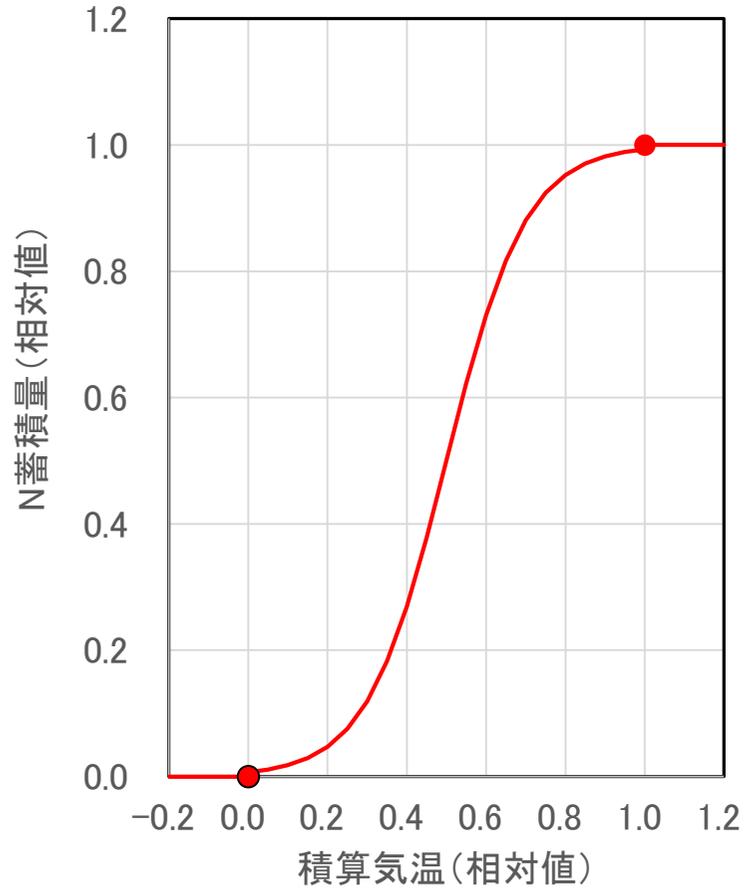
NとCの関係



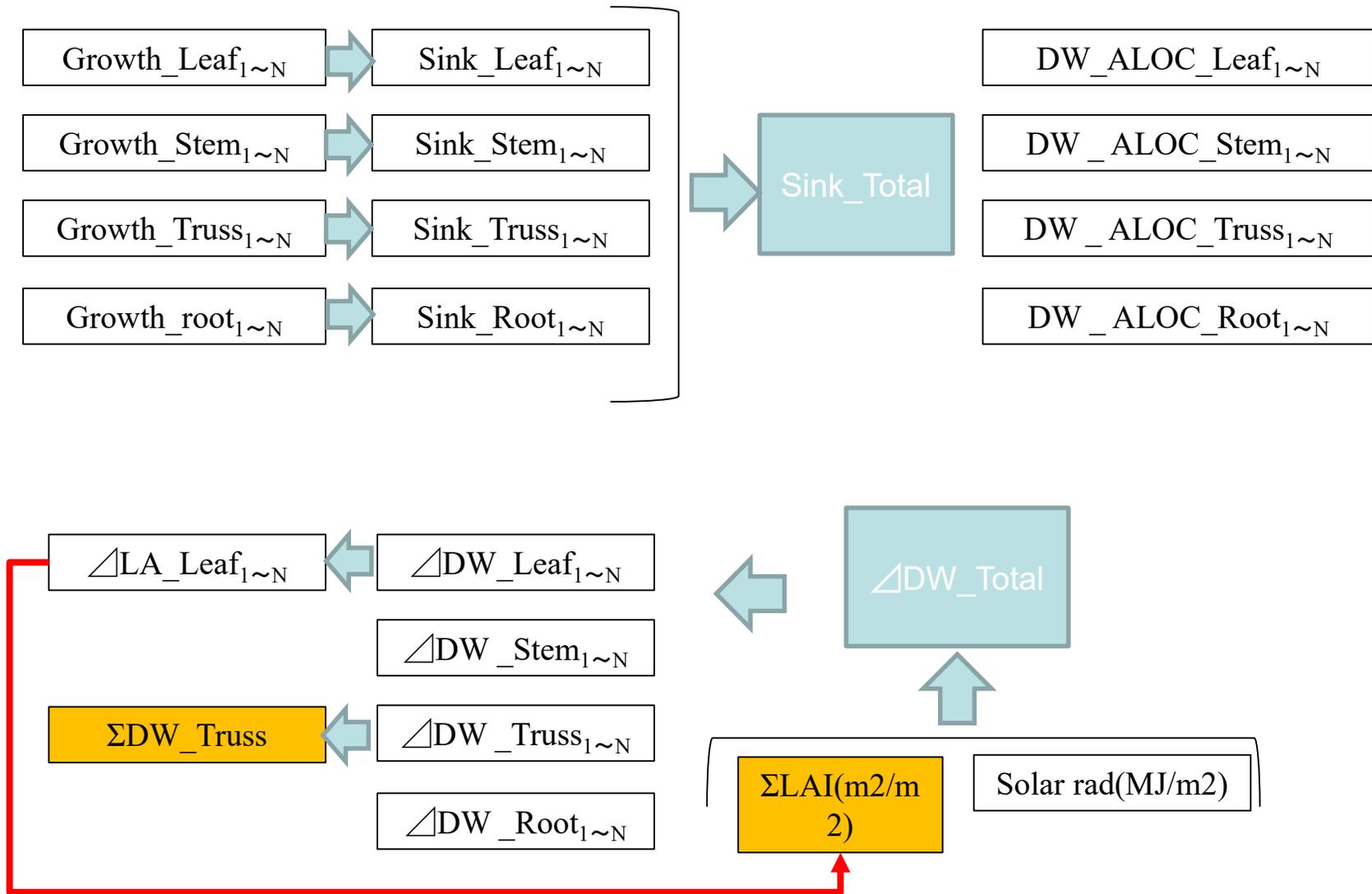
Cの分配量はNの分配量に依存して決まる、つまり、Nの分配量がその器官のシンク強度を決定し、Cの分配量を決定するのではないか？

このように考えると養分供給量が適正時と過剰時いずれの場合も光合成産物の分配(乾物分配)を説明できる。例えば養分供給が多いときは、茎葉にNが多く分配され、その結果茎葉にCが多く分配されて葉が茂り草勢(栄養成長)が強くなる。

根、茎、葉、果実のN増加

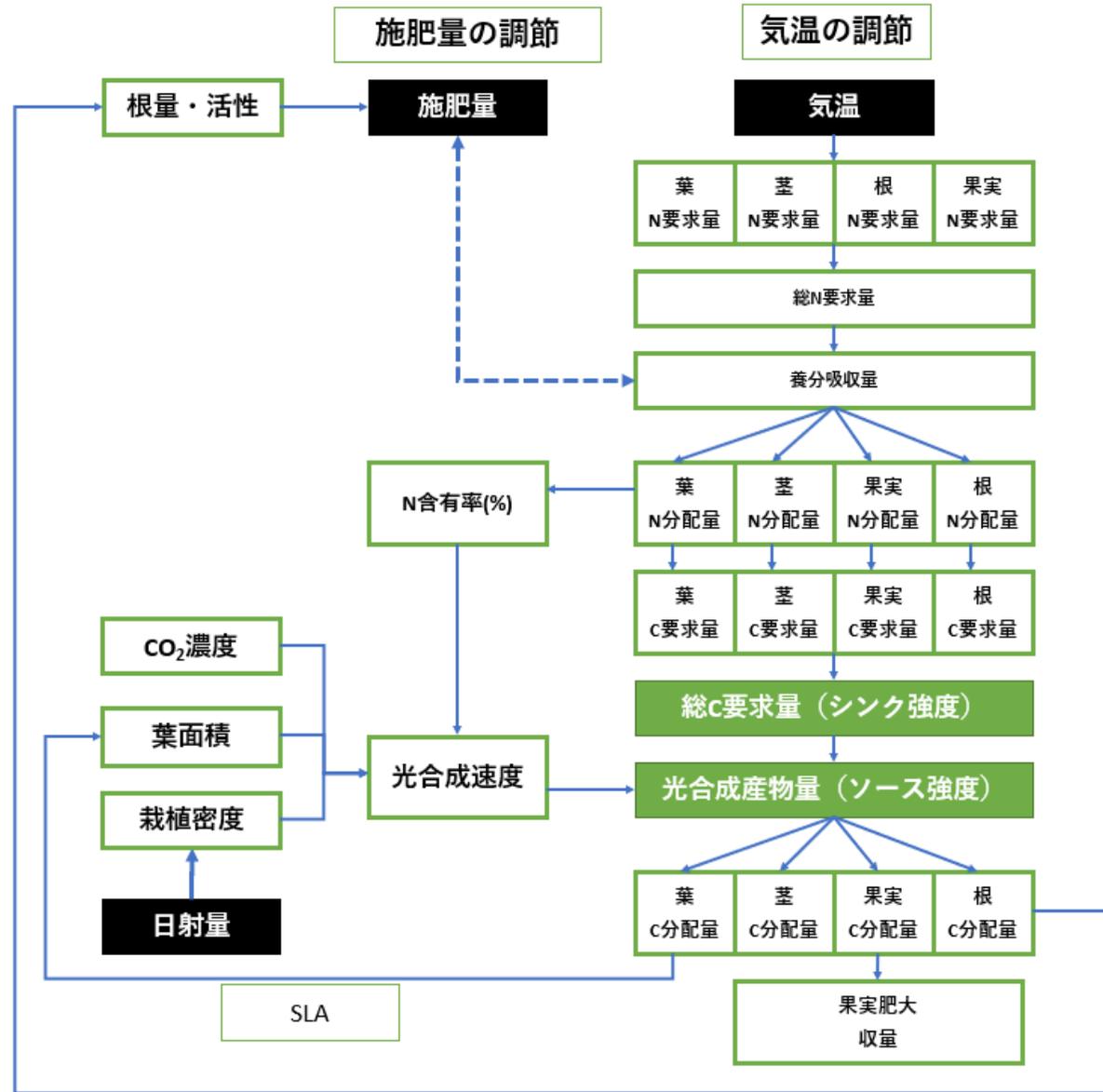


新技術

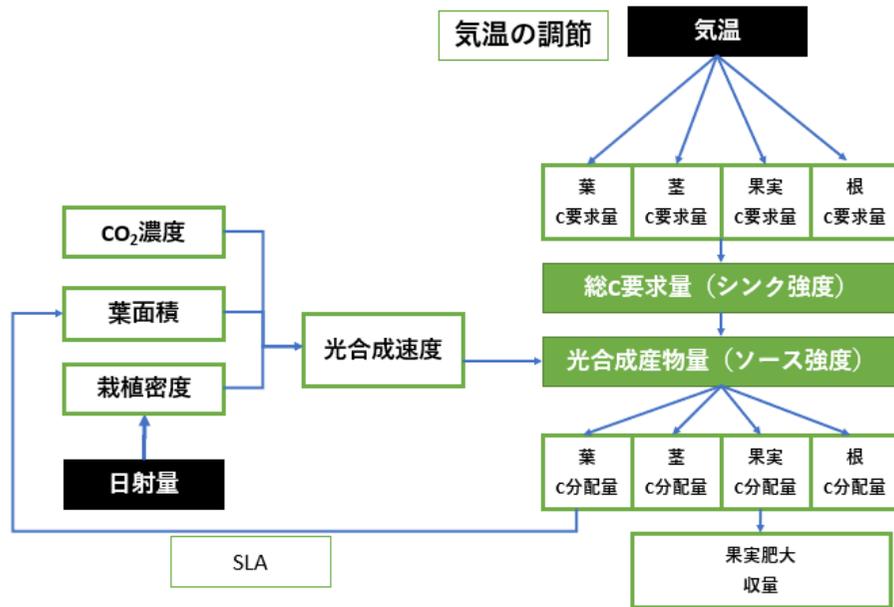


新技術

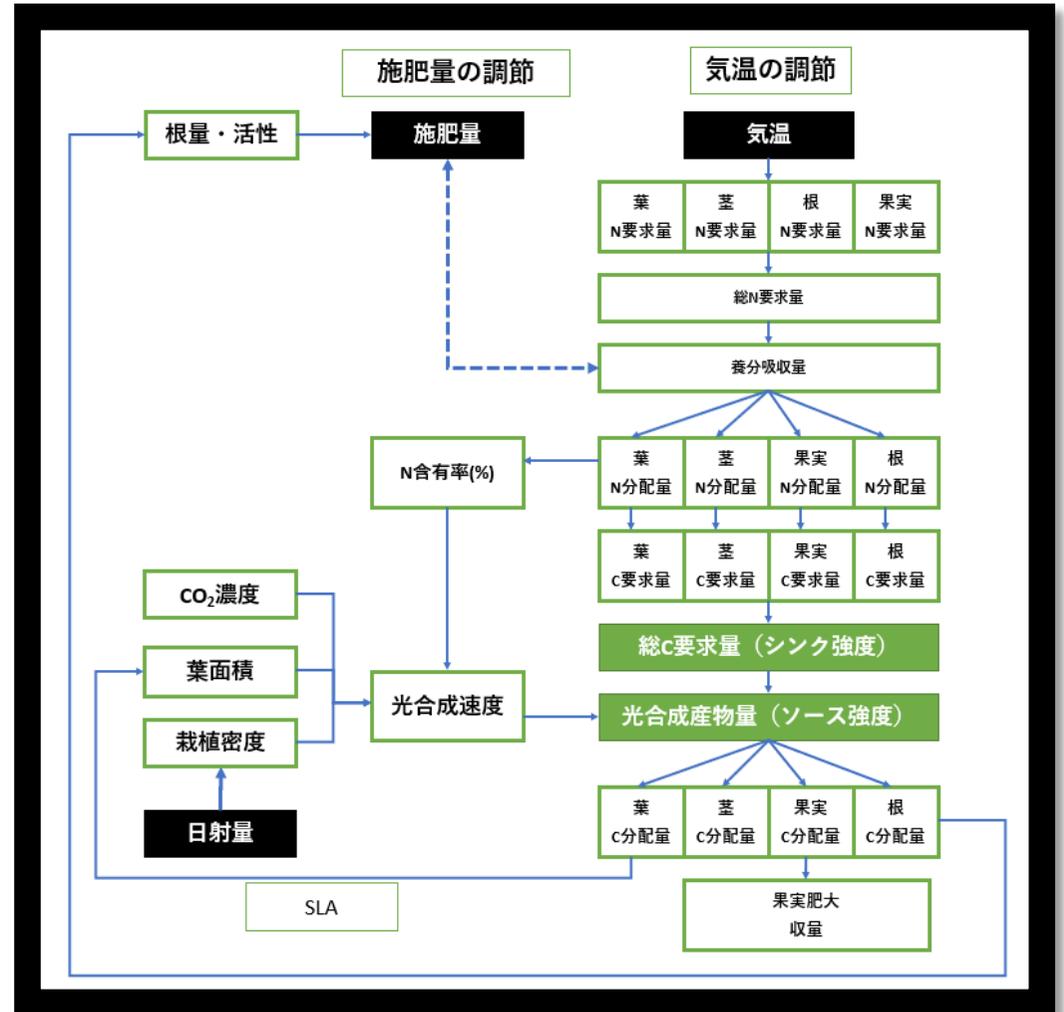
気温がまず器官別のNの要求量を決定し、ついでNがCの要求量(シンク強度)を決定し、シンク強度に基づいて、光合成産物を分配するモデル



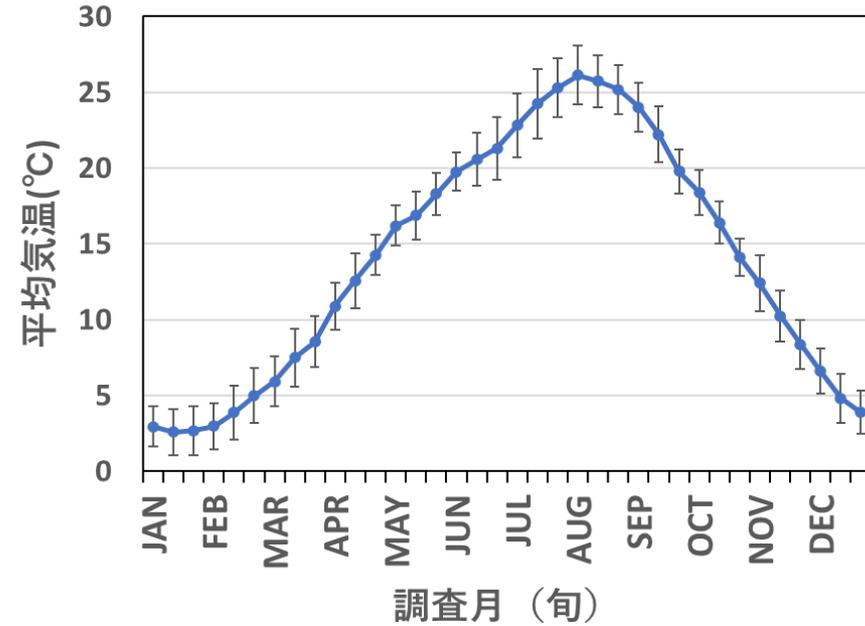
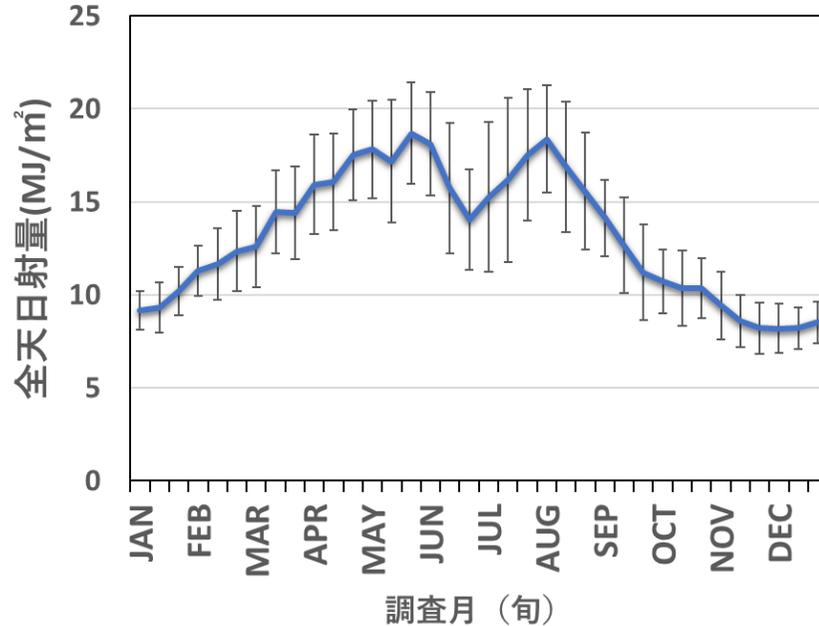
従来技術



新技術



作物の地上部・地下部を協調的に制御する 栽培管理システムの開発



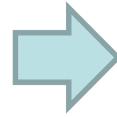
日射量と気温の旬別推移（つくば）、1977～2021年の平均

日本は気象の変動が大きく、なかでも光合成に大きな影響を及ぼす日射量は日によって大きく異なり、また年次変化も大きい。気象の変化に注意を払うことなく毎年同様な肥培管理を行えば、養分の過不足が生じ、結果として栄養成長と生殖成長のバランスが崩れ、収量が不安定となる。このような傾向は、とくに気象の変化に対して、緩衝能力が小さく施設内の気象環境が外部の気象の影響を受けやすい小規模なハウスにおいて顕著である。

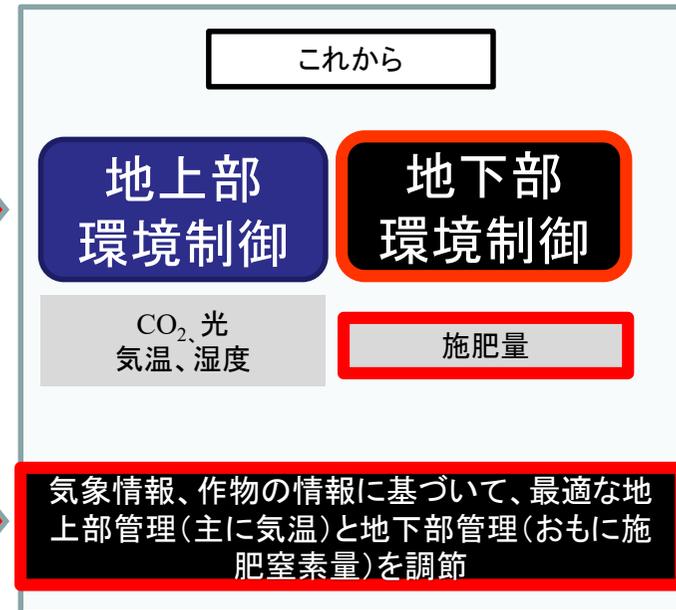
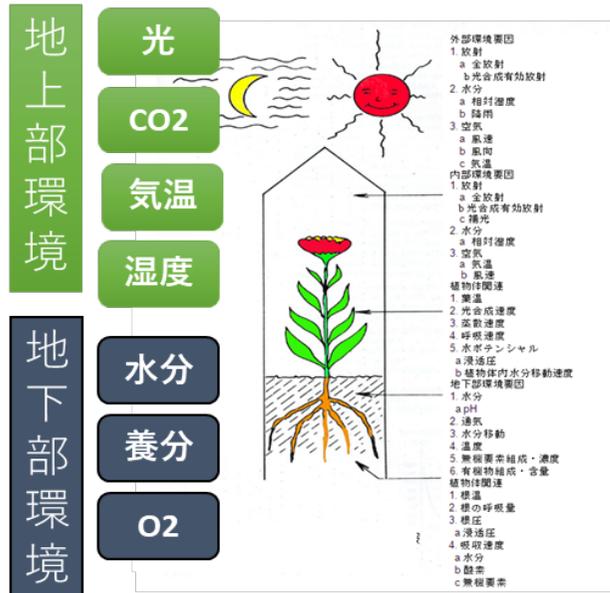
気象の変化に合わせて地上部環境だけでなく、地下部環境の管理も統合的に制御する、つまり、環境管理と肥培管理を同時に最適化する手法の確立が求められている。



施肥量が多いと、葉が茂り栄養成長に傾く。
花数が減少し、果実肥大は劣る。



日射に合わせて、適切な施肥量と気温を調節、栄養成長/生殖成長のバランスを適正に維持



まとめ

近年、肥料価格や暖房用燃料の価格上昇が著しい。また、SDGsやみどりの食料システム戦略など、環境負荷軽減をめざす社会的な動きは加速している。肥料やエネルギーを多量に使用する施設園芸において、生産者の経営を維持するためにも、環境負荷を軽減するためにも肥料やエネルギーの利用効率の向上はきわめて重要な課題である。

施設園芸では生産者、圃場、年次によって収量に大きな差があり、このことは肥料、エネルギーの利用効率を高める余地があることを示す。果菜類の施設生産では、栽培期間を通して栄養成長と生殖成長のバランスを適切な範囲に維持することが重要であり、そのためには、気象条件に合わせて施肥量や気温管理を日単位、週単位で修正する必要がある。しかし、気象条件と生育状況を考慮し、栄養成長、生殖成長を適切にコントロールするための養分管理、環境管理を導くための手法は未確立である。

養分条件、環境条件と生育や収量の関係を定量的に解明することは、養分管理、環境管理を最適化することによって肥料やエネルギー利用効率を向上することにつながる。

想定される用途

- 生産圃場に適用することで、生産性向上に資する。
- 適地適作のシミュレーションの開発にも役立つ。
- また、教育、実習といった用途に展開することも可能と思われる。

企業への期待

- 気象の変化に合わせて、環境管理、肥培管理を協調的に制御し、作物の草勢を適切に維持することが可能な栽培管理システムを開発する。
- 環境制御システムに実装し、地上部環境、地下部環境を協調的に最適に管理するシステムを開発し製品化する。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 栽培支援装置、プログラム及び栽培支援システム
- 出願番号 : 特願2021- 187967
- 出願人 : 明治大学
- 発明者 : 岩崎泰永

お問い合わせ先

明治大学 研究推進部
生田研究知財事務室

T E L 044-934-7640

F A X 044-934-7917

e-mail tlo-ikuta@mics.meiji.ac.jp