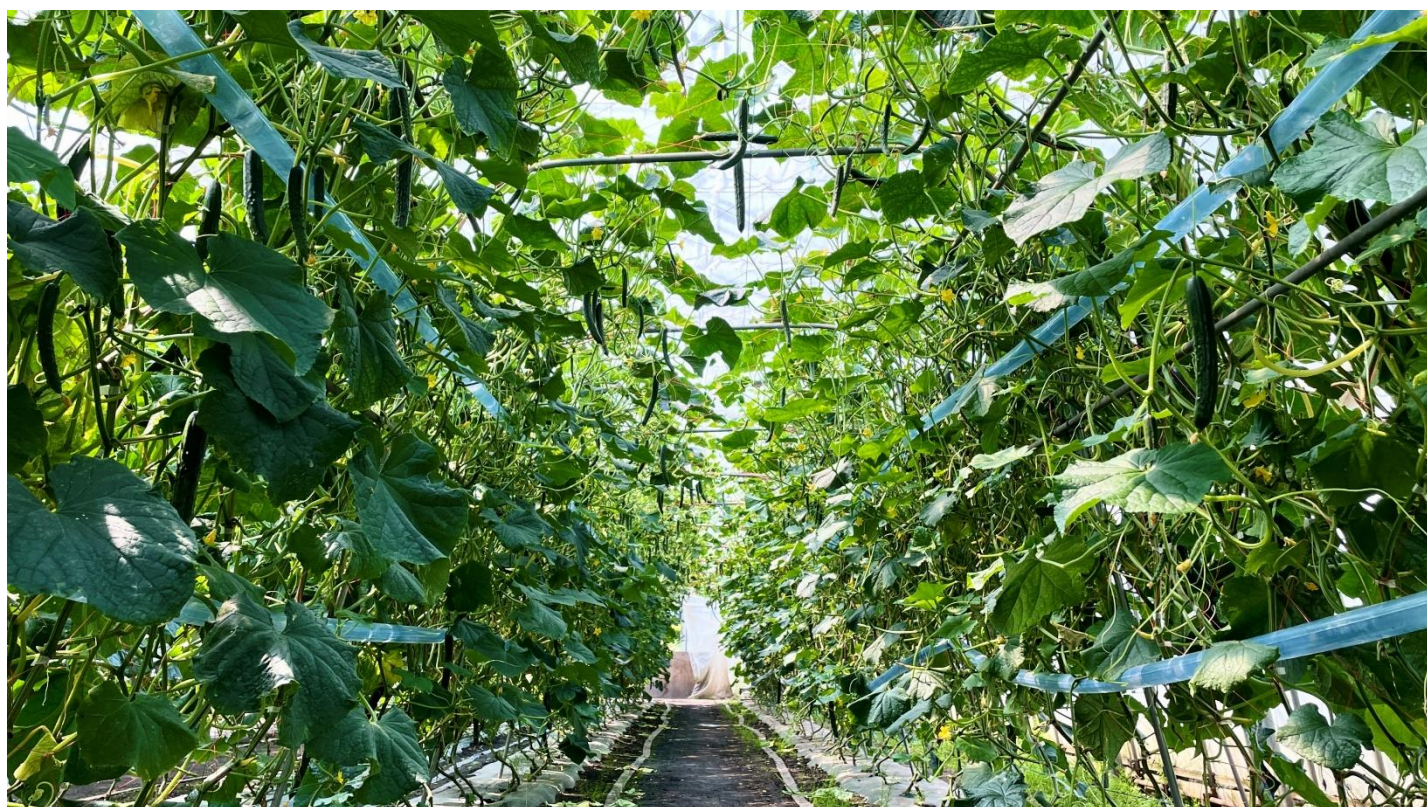


指導者向け

施設きゅうりの摘心栽培における生育予測 に基づいた栽培管理法導入マニュアル (ver. 1.0)



令和 8 年 4 月

岩手県農業研究センター 県北農業研究所

果樹・野菜研究室

目次

第 1 章	本マニュアルの目的と活用場面	... p. 2
第 2 章	栽培管理支援ツールの使用方法	... p. 4
第 3 章	生育の平準化に使用できる栽培管理内容	... p. 14
第 4 章	生育調査方法	... p. 19
追補 1	実証結果	... p. 21
追補 2	県内解析事例	... p. 31
付 録	参考文献	... p. 36

更新履歴

令和 8 年 5 月 11 日 公開

第 1 章 本マニュアルの目的と活用場面

1 生育診断の重要性

きゅうりは生育速度が速く、環境変化や着果負担の影響を受けて「[草勢の強さ](#)」と「[成長（栄養成長と生殖成長）のバランス](#)」が短期間で大きく変化し、収量は増減を繰り返します。増減の振れ幅が大きい場合、低下した草勢の回復に多くの養分を浪費するため、長期的には減収します。生育診断は、「草勢の強さ」と「成長のバランス」を数値化し、今後の収量増減の兆候を早期に捉え、管理内容の方針を修正するための判断根拠としてとても重要です。近年施設栽培きゅうりでよく用いられる「つる下ろし栽培」では、「主茎開花節直下の茎径」と「生長点～開花節の長さ」を用いることで現在の「草勢の強さ」と「成長のバランス」を把握することができます。一方、岩手県の施設栽培きゅうりで一般的に行われている「摘心栽培」では主茎を摘心してしまうことから、つる下ろし栽培のように「生長点～開花節の長さ」を生育指標に利用することができません。そこで令和 6 年度、摘心栽培でも測定可能な「開花節直下の茎径」および「開花節直下の節間長」を調査することにより、「草勢の強さ」と「成長のバランス」の指標として利用できるかどうかを解析し、検討しました（解析事例は追補 1 に記載）。さらに検討結果に基づき、調査した「開花節直下の茎径」および「開花節直下の節間長」を入力すると「草勢の強さ」と「成長のバランス」を可視化できる「きゅうり栽培管理支援ツール」を作成しました。

2 摘心栽培で利用可能な「きゅうり栽培管理支援ツール」

きゅうりは、開花節より 1 ～ 2 節先の芽が気温の変化に対し敏感に反応します。したがって、生育をコントロールするために換気や暖冷房時の目標気温を変更しても、2 週間経過した後でないと生育反応は現れません。適切な栽培管理内容を設定するためには、[今後着果する「開花節より 1 ～ 2 節先の芽の状態」を予測しながら管理していく](#)ことが重要となります。

現在、生産現場では 7 ～ 10 日間隔で生育調査を実施し生育診断している場合が多いですが、必ずしも生育のコントロールや収量の安定化につなげられていないのが現状で

す。篤農家は、これまでの経験と知識により今後の生育の見通しをたて、[栽培管理内容を適切なタイミングで変更](#)して安定生産を実現しています。本マニュアルでは、「きゅうり栽培管理支援ツール」を用いて、栽培初心者であっても比較的容易に[生育の見通し](#)をたてることが可能になる方法を紹介します。なお、実際に現地ほ場で「きゅうり栽培管理支援ツール」を使用した事例を追補 2 に記載しました。

※ ご協力いただける方へ：本ツールのレビュー募集について

- ・ ご協力いただける方は、本ツールの使用感および改善の必要な点についてご共有ください。
- ・ 本研究所代表メールアドレス（CE0009@pref.iwate.jp）宛のメールに、件名を「【果樹・野菜研】施設きゅうり栽培管理支援ツールのレビューについて」とし、上記に挙げたレビュー内容をご記載ください。
- ・ 評価シートにより出力可能なレポートを共有いただける場合は、該当 PDF ファイルを添付し提出していただくと今後の開発方向の参考となります。

第2章 栽培管理支援ツールの使用方法

「生育予測に基づいた栽培管理」を生産現場で実践するため、Microsoft Excel を用いた栽培管理支援ツールを作成しました。本章では、本ツールの仕様および使用方法について説明します。

1 農研センターHP からのツールの使用方法

- **カテゴリ** トップページ > マニュアル・報告書・各種資料 > 成果マニュアル・報告書
 > 成果マニュアル・報告書一覧
- **URL**
https://www.pref.iwate.jp/agri/nouken/shiryo/seika_manual/manual.html
- **使用申請**
農研センターHP に、使用申請書・使用廃止申請書（Word ファイル）を公開しています。使用申請書に必要な事項を入力の上、本研究所代表メールアドレス（CE0009@pref.iwate.jp）宛のメールに、**件名**を「**【果樹・野菜研】施設きゅうり栽培管理支援ツールの使用申請書について**」とし、申請書を添付し提出してください。
- **対象者**
使用申請を提出し、使用権限を付与された①県関係者、②県内農業者、③県内関係機関、④日本国内の試験研究機関関係者に限ります。
- **審査結果**
申請書を受領した後、連絡担当者から審査結果および申請が受理された場合にはファイル圧縮したパスワード付き ZIP ファイル（ZIP ファイルの中に本ツールが含まれます）をメールで送付します。審査結果のお知らせは、**受領後 1 週間程度** 要しますので余裕をもって申請してください。

2 動作環境その他

- インターネットに接続が可能で、Microsoft Excel の 2016 以降のバージョンがインストールされている Windows PC を用意してください。
- 本ツールでは、Excel VBA（マクロ機能）を使用します。Web 版の Excel（Excel for the web 等）では動作しないためご注意ください。
- 図 1 - 1 に従い、栽培管理支援ツールを使用します。環境シートや評価シートは、栽培の中間や終了後に入力し、適宜活用してください。
- ほ場の座標や施設仕様を基礎シートに入力しておけば、生育予測と同時にインターネットから 2 週間天気予報を自動で取得し、14 日後までの施設内気温および昼温・夜温差（DIF）の推移が予測できます。

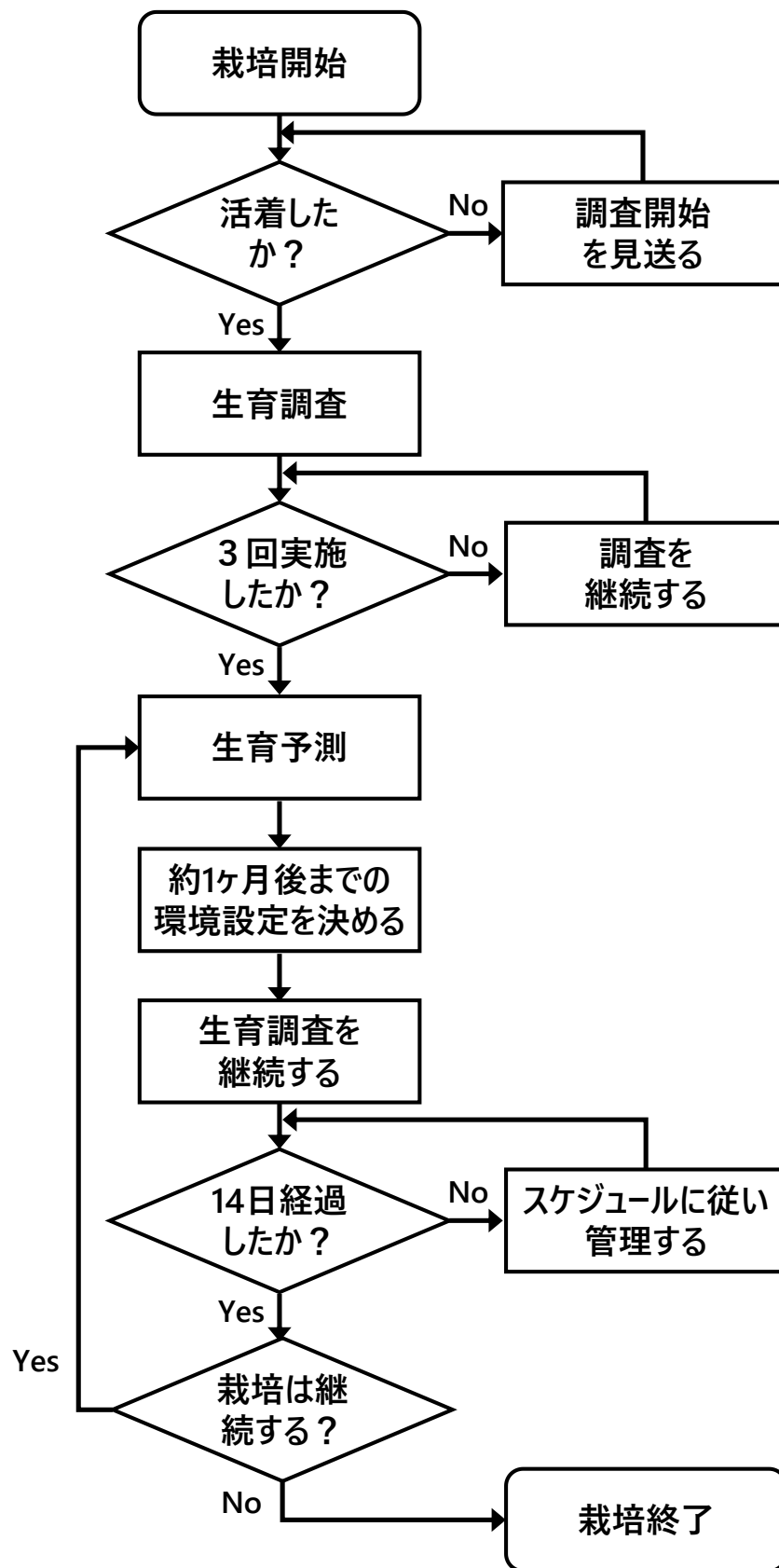
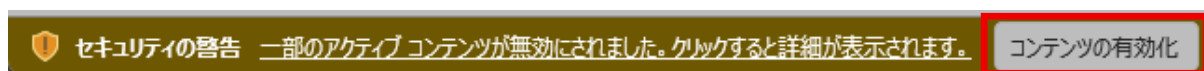


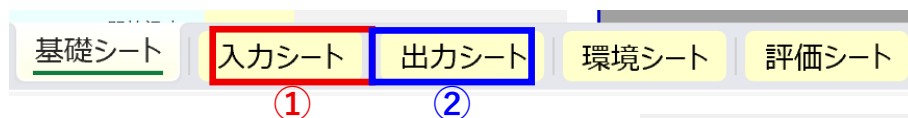
図 1 - 1 栽培管理支援ツールの使用フロー

3 初期設定

- メールで受け取った Zip ファイル（[CucumberSupToolV○.zip](#)、※○部分にはバージョンの数字が入ります）をダウンロードし、ご自身の PC 中の適当な保存場所に展開してください。
- 展開したフォルダ内の「[きゅうり栽培管理支援ツール（ver.○）.xlsm](#)、※○部分にはバージョンの数字が入ります」をダブルクリックで開いてください。
- ファイルを開いたときに「セキュリティの警告」が表示される場合は、「コンテンツの有効化」をクリックします。一度信頼済みファイルとして登録できれば、次回から表示されません。

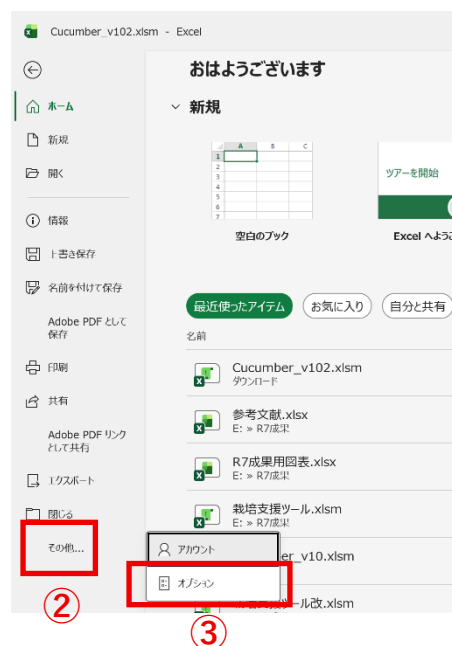
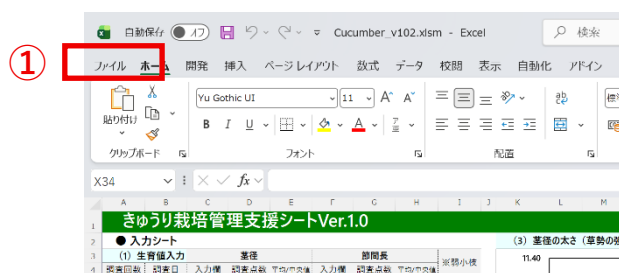


- 初期設定値のまま、下記の作業を実行してください。
 - ① 「入力シート」の左側の中ほどにある「生育予測開始」ボタンをクリックします。
 - ② ボタンをクリックすると自動でデータを取得し、「出力シート」が更新されます。
情報が直近の日付に更新されていれば問題ありません。
更新の所要時間は、通信環境によって前後しますが 10～20 秒くらいです。

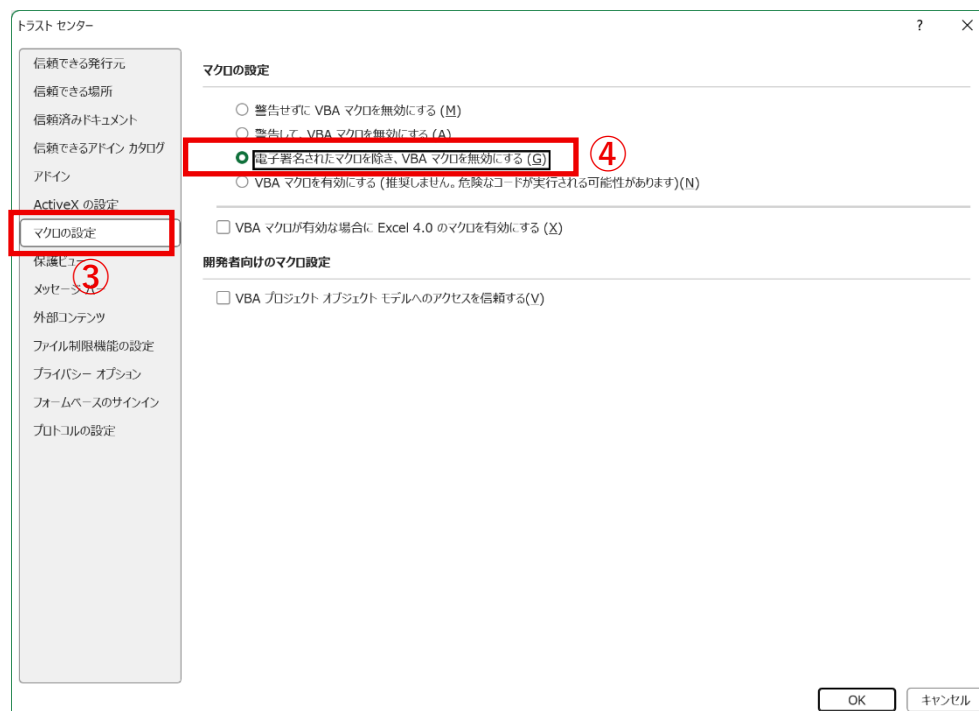
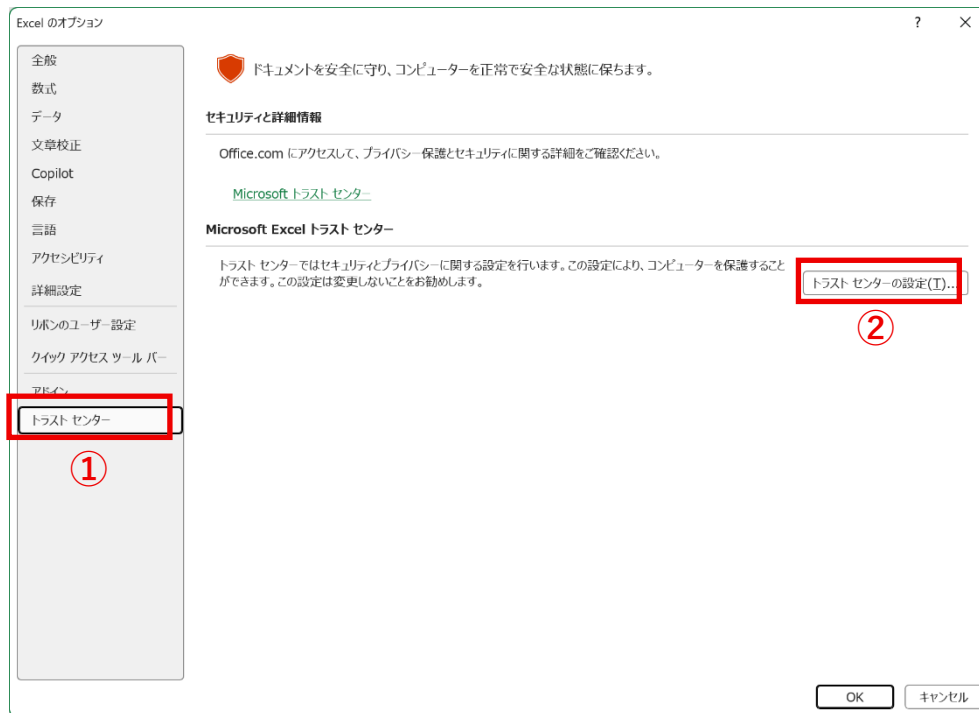


- 動作しない場合は、「マクロを無効にする」設定になっている可能性があります。以下の手順でマクロを有効にしてください。

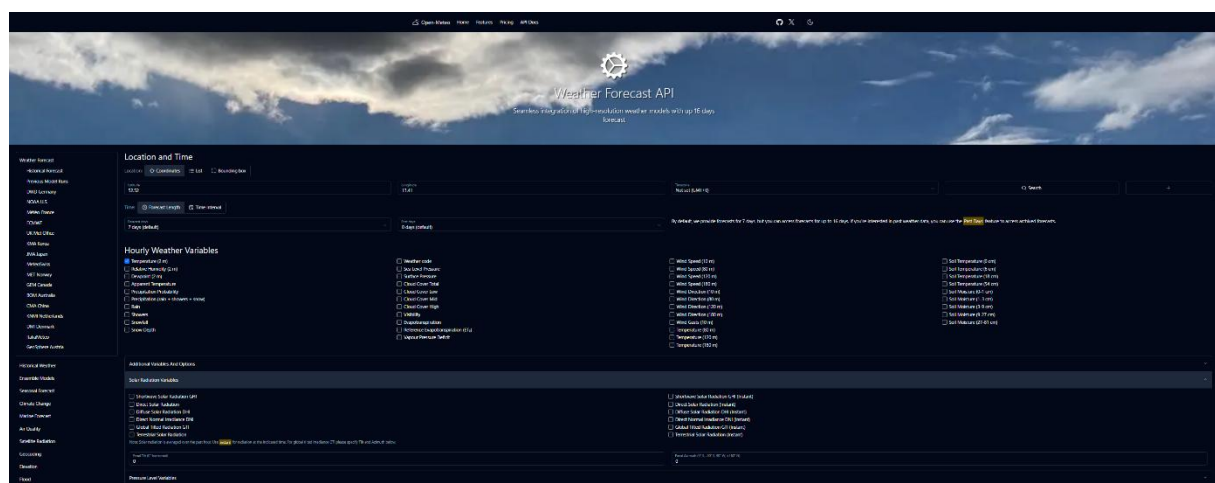
- ① 「ファイル」タブから、「オプション」を選択します。



- ② 「トラストセンター」タブから「トラストセンターの設定」を選び、「マクロの設定」を選択し、「電子署名されたマクロを除き、VBA マクロを無効にする」をチェックして「O K」ボタンをクリックします。

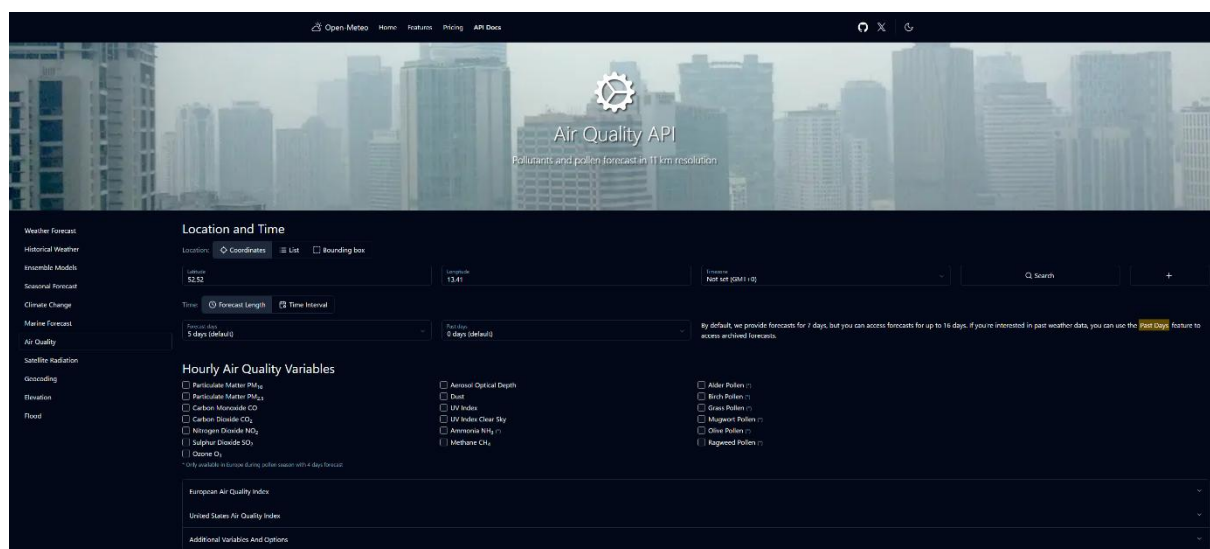


- 再度、「生育予測開始」ボタンをクリックして、情報が直近の日付に更新されていれば、問題ありません。
- 上記の設定を行っても動作しない場合や設定が変更できない場合は、セキュリティ管理権限がご自身と異なる場合があります。システム管理者へ確認してください。
- マクロが機能しても、14 日天気予報値が取得できない旨のエラーメッセージが表示される場合は、本ツールで使用している気象予報 API（Open-Meteo.com Weather API、Zippenfenig 2023）の HP から直接取得する必要があります。
<https://open-meteo.com/en/docs>
- 14 日天気予報の取得方法



- ① 「Weather Forecast API」の「Latitude（緯度）」、「Longitude（経度）」にほ場座標を入力します。
- ② 「Timezone（時間帯）」は「Asia/Tokyo」を選択します。
- ③ 「Forecast days（予測期間）」は「16days」を選択します。
- ④ 「Hourly Weather Variables（時別気象要素）」の「Temperature (2m)（気温）」、「Relative Humidity（相对湿度）」、「Cloud Cover Total（雲量）」、「Vapor Pressure Deficit（飽差）」、「Wind Speed (10m)（風速）」の□に✓を入れます。
- ⑤ 以下に続く小タイトルの中の「Solar Radiation Variables（日射量要素）」という項目をクリックすると、新たに選択できる項目が増えます。その中の「Shortwave Solar Radiation GHI」の□に✓を入れます。

- ⑥ スクロールすると、青字の「Download XLSX」または「Download CSV」を選択すると、時別値で 14 日分の天気予報値を得ることができます。
- ⑦ 二酸化炭素濃度は、異なる API から 5 ～ 6 日分のみ取得できます。左端のメニューから「Air Quality API」を選択し、「Latitude（緯度）」、「Longitude（経度）」、「Timezone（時間帯）」を①～②と同様に入力して、「Forecast days（予測期間）」は「16days」を選択し、「Hourly Air Quality Variables（時別大気質要素）」の「Carbon Dioxide CO₂（二酸化炭素濃度）」の□に✓を入れます。スクロールすると、青字の「Download XLSX」または「Download CSV」を選択すると、時別値で 5 ～ 6 日分の天気予報値を得ることができます。



- ⑧ 「入力シート」の右欄外に「14 日天気予報貼付欄」を設けてあるので、各気象要素列に適した天気予報値を貼り付けた後、貼付欄上方に設けてある「生育予測開始（オフライン）」を押してください。
- ⑧ 「出力シート」の情報が直近の日付に更新されていれば、問題ありません。

4 ツールの使用方法

- 「基礎シート」・「入力シート」・「出力シート」・「環境シート」・「評価シート」の 5 枚のシートで構成されています。

● 「基礎シート」

ほ場の座標、施設の仕様、定植月日を入力してください。

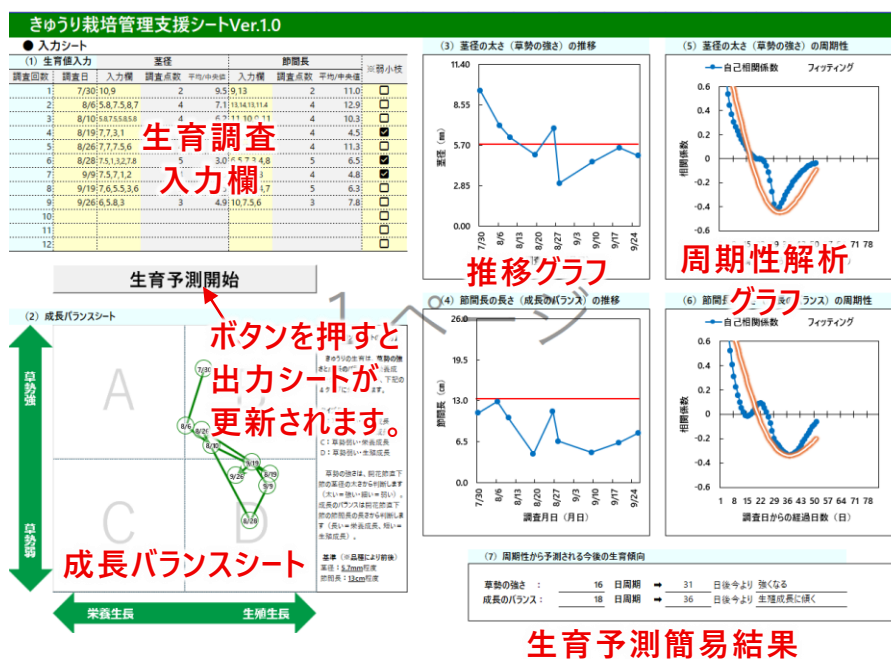
きゅうり栽培管理支援シートVer.1.0		
● 基礎シート		
基礎情報	入力欄	備考欄
(1) 地点情報	ハウス名 地点名 緯度 経度 標高 方位 (棟の方向)	
(2) ハウス仕様	間口 奥行 軒高 棟高 棟数 床面積 被覆面積 容積 開口部面積	屋根+側面×2+裏面×2 側窓+天窗
(3) 被覆資材	種類 層数 保温カーテン有無	有・無のいずれかを入力

黄色網掛け部分に必要事項を入力する

● 「入力シート」

生育調査の数値を入力する欄を設けています。

- ・ 「調査日列」に調査月日を入力します。
- ・ 「茎径列」と「節間長列」の各欄に、調査で得た数値を「,」で区切って1セルにまとめて入力してください。「平均列」に平均値が自動で表示されます。
- ・ 弱小枝を含む場合、欄外の「弱小枝列」のチェックボックスにチェックを入れてください。「平均列」に中央値が表示されます。
- ・ 生育調査を3回分入力できると、生育予測を行うことができます。「生育予測開始」ボタンをクリックすると、10～20秒で出力シートが更新されます。

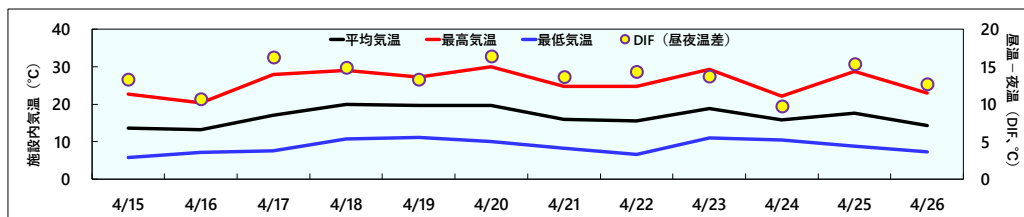


● 「出力シート」

「2週間天気予報欄」、「施設内環境推定結果」、「生育予測結果」、「推奨栽培管理方針」の4項目が表示されます。

また、「出力」ボタンをクリックすると、ボタン下部の「保存先」欄に入力した場所に、予測結果の印刷用 PDF が保存され、「登録」ボタンをクリックするとテキストデータが保存されます（ファイル名：作成年数/月/日、例：260401.pdf または.txt）。

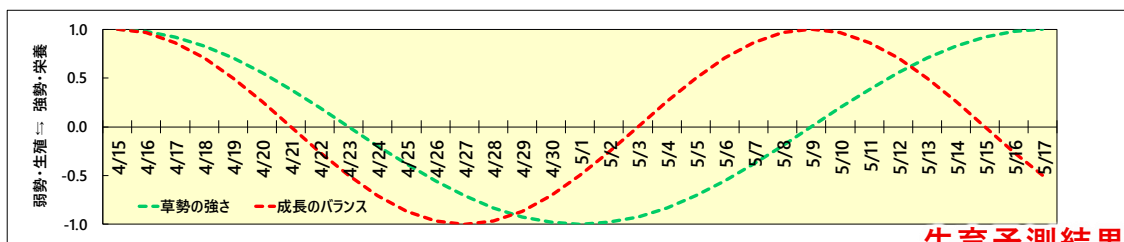
向こう2週間の施設内気温および昼温・夜温差（DIF）の推移予測



週間推定施設内気温	平均気温	16.8℃	最高気温	25.8℃	最低気温	8.8℃
昼温・夜温差（DIF）	平均昼温	22.4℃	平均夜温	8.8℃	平均DIF	13.7℃

施設内気温
昼夜温差（DIF）推定
結果

向こう2週間～1ヶ月間の生育傾向の推移予測



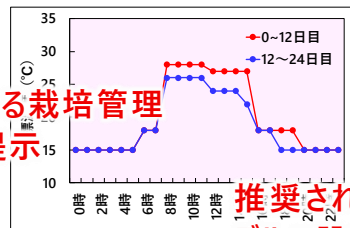
生育予測結果の
可視化

生育の周期性	草勢の強さ	9日間隔	成長のバランス	16日間隔
--------	-------	------	---------	-------

向こう1ヶ月間で推奨される環境設定・栽培管理内容

	0～12日目	12～24日目	24～36日目
栽培管理内容	平均気温 やや上げる 温度変化 夕方降温早め DIF管理 DIF大(夜高) CO ₂ 施用 無し かん水量 少ない 夜間水分 乾き気味 追肥 EC2.0,N少K多 摘果 しない 多頻度・週6枚	下げる 穏やかに DIF小(夜低) 有り 多い 湿り気味 EC0.8 軽度 態頻度・週3枚	やや下げる 穏やかに DIF小(夜低) 有り 多 湿り気味 EC 軽度 多頻度・週6枚

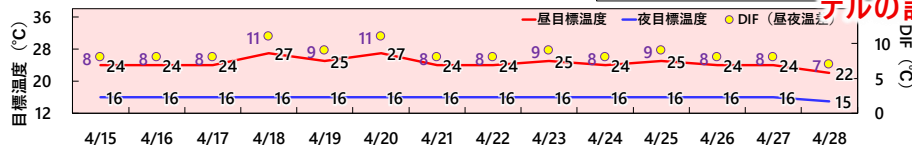
1日の温度設定例



推奨される栽培管理
内容の提示

推奨される変温管理モ
デルの設定例

向こう2週間で推奨されるDIF管理



推奨される昼温・夜温・DIF 目標気温

● 「環境シート」

このシートには、モニタリングで得られた環境値や実施した栽培管理内容を入力してください。

- ・ 「環境値」欄には、「施設内気温列」、「CO₂ 濃度列」、「相対湿度列」...等、列タイトルに合う環境値を「テキストのみ保持」で貼り付けしてください。
- ・ 欠測値は自動で線形補間します。空欄とした列は自動で推定します。
- ・ 「1 時間間隔」のみに対応しているため、1～10 分間隔で測定している場合は、前もってピボットテーブル等を使って集計する必要があります。
- ・ 栽培管理内容欄には、日別に行った温度管理、肥培管理、CO₂ 施用、栽培管理の各欄をプルダウンから選択してください。
- ・ 空欄の場合は、上の行で選択した項目と同様の管理をした判定となります。

● 「評価シート」

生育予測と実際の生育推移、施設内環境の推定値と実測値、提示された栽培管理内容と実際に行った管理評価を並べて表示し、予測・推定結果との乖離や栽培管理の内容や強度等の不足について可視化することで、次回の栽培管理を改善するための振り返りを行います。

対象期間の開始月日と終了月日を入力し、「評価開始」ボタンを押すと、「生育予測ログ記録」ボタンで生成したテキストファイルのうち、評価対象期間に含まれるものを自動で読み込みます。下部にコメント欄があるため、予測・推定値や管理目標と乖離した場合の原因、改善点等を入力してください。

コメント欄右隣に、「評価レポート記録」ボタンをクリックすると、ボタン下部の「保存先」欄に入力した場所に、評価結果の印刷用 PDF が保存されます（ファイル名：作成年数/月/日、例：260401.pdf）。

7 使用廃止申請

- 使用廃止申請書に必要事項を入力の上、上記アドレス宛のメールに、件名を「【果樹・野菜研】施設きゅうり栽培管理支援シートの使用廃止申請書について」として、申請書を添付し提出してください。

第3章 生育の平準化に使用できる栽培管理内容

本章では、既知見および本研究室で実施した栽培試験での試験結果（参考文献 1、2）から得られた「草勢の強さ」と「成長のバランス」を管理する栽培管理内容を紹介します。

1 気温管理

(1) 変温管理モデル

表 2 - 1 変温管理モデル

設定項目／モデルNo.		I	II	III	IV	V	VI
処理名	処理概要・目的	節展開促進 + 草勢強化	節展開促進 + 草勢抑制	節展開促進 + 転流促進	佐賀県 慣行管理	PMHT・QD + 草勢強化	佐賀県 PMHT・QD
気温例 (°C)	平均気温	18.8	20.0	17.9	19.9	18.1	19.8
	昼夜温差 (DIF)	7.3	7.9	11.8	8.6	12.2	8.9
高温時間	午前 (AMHT)	○	○	○	○	×	×
	午後 (PMHT)	×	×	×	×	○	○
温度変化	夕方急速降温 (QD)	×	×	×	○	○	○
	夕方緩徐降温 (SD)	○	○	○	×	×	×
生育指標	草勢の強さ 生育のバランス	強める 栄養成長	弱める 栄養成長	強める 栄養/生殖	弱める 栄養/生殖	強める 生殖成長	弱める 生殖成長

※ モデルIVおよびVIは、参考文献 3 から引用しました。

表 2 - 1 には、きゅうり栽培で活用できる 6 種類（I～VI）の変温管理モデルを示しました（参考文献 2）。「草勢の強さ」と「成長のバランス」は気温と関連性が高く、変温管理を行うことで調整することができます。変温管理とは、きゅうりの生理変化に合わせて、1 日の時間帯別に設定気温を変える管理方法を指します（日中：光合成最適、夕方：転流最適、夜間：呼吸抑制）。佐賀県では、日没後の果実温度を葉の温度よりも高く維持することで、果実肥大を促進する午後高温・夕方急速降温管理を提唱しています（参考文献 3）。

変温管理では、生育適温を基準として、平均気温・昼夜温差・高温時間帯・温度変化の緩急を調節することになります。

● 生育適温

昼間は 25～28°C、夜温：13～16°C、地温：18～23°C が適温となります。ただし、10°C 以下で生育が停止し、8°C 前後または 35°C 以上で生育障害が発生します。

- **平均気温**

平均気温が低くなると草勢が強くなり、高くなると弱くなる傾向が認められます（参考文献 4、5、6、7、8）。

- **昼夜温差（Day/Night Temperature Difference、DIF）**

昼温 > 夜温だと節間長が長くなり、栄養成長に傾きます。昼温 < 夜温だと節間長が短くなり生殖成長に誘導されます（参考文献 9、10、11、12、13、14、15、16）。

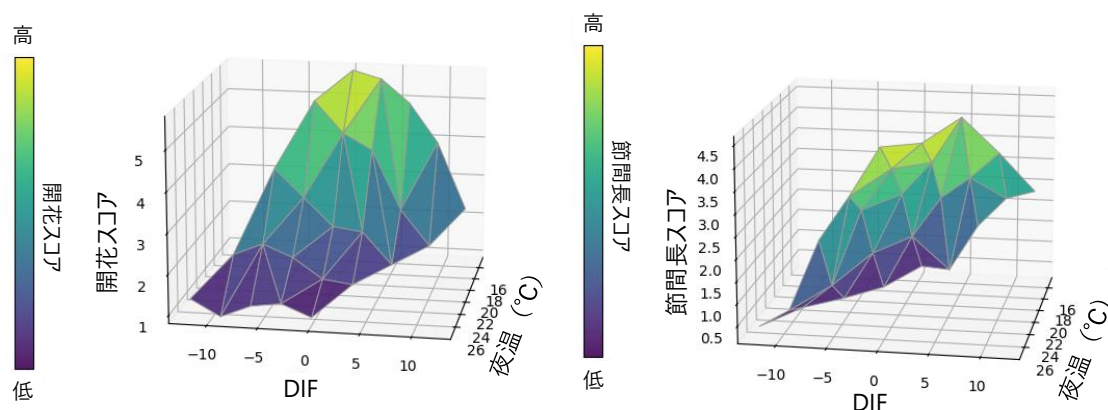


図 2 - 1 夜温と DIF の違いが開花数と節間長に与える影響

※ Grimstad et al. 1993 に、本研究室の試験結果を反映させ作図したものです。夜温および DIF に対する開花数と節間長の反応は品種によって異なるため、5 段階のスコアで表示しています。

図 2 - 1 に、夜温および DIF の違いが開花数および節間長に与える影響について示しました。夜温が高温になるほど開花数は少なく、節間長は短くなっています。昼温が夜温より高い場合、DIF が小さいほど開花数が多く、節間長は短くなります。

- **高温時間帯**

午前が高温であると、茎葉の伸長が促進されます。午後が高温であると果実への転流を促進します（参考文献 3）。

- **温度変化**

夕方の降温処理について、緩徐な温度変化の場合は光合成産物を葉に保持させ、果実への転流を緩慢にします。急速な温度変化（クイックドロップ）の場合は、夕方に室温が一気に下がることで葉温より果実温度が高くなり、光合成産物の果実への転流を促すことができます（参考文献 2、3、8、17）。

2 CO₂ 管理

夏秋どり施設栽培では側窓がほぼ全開となるため、CO₂ 施用は外気並みの CO₂ 濃度（400ppm）を維持することが目標となります。CO₂ 濃度が高くなると草勢を強くすることができますが、夏秋どり栽培では高濃度に到達させることが困難であるため、CO₂ 管理による草勢のコントロール効果は期待できません（参考文献 18、19、20、21、22、23）。ただし、春期および秋期の寒い時期は側窓や内張りを閉め切るため、高濃度に設定することで草勢を強められます。夏期においても朝方が涼しく側窓を閉め切る時間帯がある場合には、その時間帯のみ高い濃度で施用すると、草勢を強められます。

表 2 - 2 収穫開始以降に草勢を強めるための CO₂ 濃度の目安

施用時期	高温期間 日中	高温期間 早朝側窓閉切時	低温期間 閉切時
施用濃度 (ppm)	400	500~600	700~1,000

※ 本目安は、参考文献 18、19、20、21、22、23 から作成しました。

3 かん水管理

かん水量は草勢の強さに、かん水時間は成長のバランスに関連します。きゅうりの生育には、特に日射比例かん水の効果が高く、表 2 - 3 に挙げた目安を組み合わせることで生育を平準化させることが可能です。

表 2 - 3 草勢の強さに関連するかん水量の目安

項目/管理アプローチ	草勢強める	基本	草勢弱める
相対比 (%)	多くする (130~140)	現在のかん水量 (100)	少なくする (70~80)
日射比例 (mL/株/MJ)	140~160	100~120	70~90

※ 本目安は、参考文献 16、24、25、26、27 から作成しました。

※ 日射比例かん水の場合、1 日あたりのかん水回数は 1~14 回となります（参考文献 28）。

表 2 - 4 成長のバランスに関連するかん水時間の目安

項目/管理アプローチ	栄養成長に傾ける	基本	生殖成長に傾ける
開始時間	日出直前から開始	日中	やや遅めに開始
実施時間帯	午前～昼中心		午前後半～午後中心

※ 本目安は、参考文献 16、24、25、26、27 から作成しました。

※ 実際の栽培では、pF メーター等を用い、適正な土壌水分条件になるよう調整してください。

4 肥培管理

きゅうりの草勢の強さは、施肥の N/K の比率と関連し、成長のバランスは給液 EC で調整することができます。

表 2 - 5 草勢の強弱に関連する N/K 比の目安

項目/管理アプローチ	草勢を強める	基本	草勢を弱める
N/K 比	1.2～1.5	1.0～1.1	0.6～0.9

※ N/K 比の目安は、参考文献 29、30、31、32 を、給液 EC の目安は、参考文献 33、34、35、36 を基に作成しました。

表 2 - 6 成長のバランスに関連する給液 EC の目安

項目/管理アプローチ	栄養成長に傾ける	基本	生殖成長に傾ける
給液 EC (mS/cm)	1.2 以上 1.5 未満	1.5	1.8 以上 2.2 以内

※ 給液 EC の目安は、参考文献 33、34、35、36 を基に作成しました。

※ 給液 EC は高すぎると、維持費の増加に加え、生育に悪影響を及ぼすため、高くても 2.6 ま
でとし、高める期間は数日単位に止めてください。

表 2 - 7 きゅうり摘心栽培における栽培管理内容一覧（早見表）

項目	草勢の強さ		成長のバランス	
	強くする	弱くする	栄養成長 へ傾ける	生殖成長 へ傾ける
平均気温	下げる	上げる	－	－
温度変化	－	－	夕方 緩徐降温	夕方 急速降温
昼夜温差 (DIF)	夜温を低く	夜温を高く	小さく	大きく
CO ₂ 施用 ※夏期は効果小	外気程度以上 + 朝の高濃度施用	外気程度	－	－
かん水 ※ 生育状況加味	かん水量を 多くする	かん水量を 少なくする	かん水時間 を長くする	かん水時間 を短くする
追肥	N多・K少 (N/K比=1.2～1.5)	N少・K多 (N/K比=0.6～0.9)	肥料濃度を薄くする (給液EC 1.2～1.5)	肥料濃度を濃くする (給液EC 1.8～2.2)

※ 参考文献 37 を一部改変しました。

第 4 章 生育調査

本章では、生育調査項目や調査時の留意点について示します。

1 生育調査項目

きゅうりの「草勢の強さ」と「成長のバランス」の推移を把握するため、雌花開花節直下の茎径と節間長を測定します。

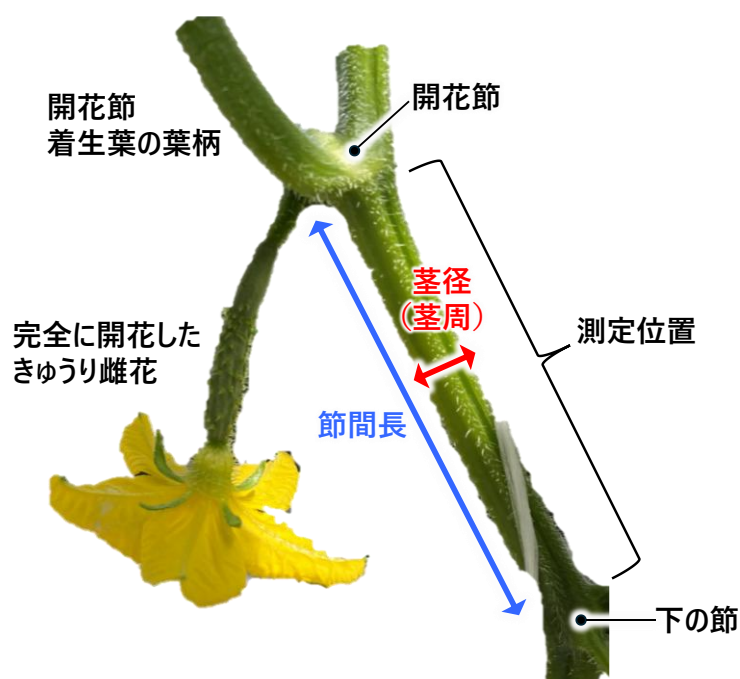


図 3-1 測定位置

表 3-1 対応する生育指標と集計方法

項目	生育指標	集計方法
開花節直下の 茎径 (mm)	「草勢の強さ」 太い：草勢が強い 細い：草勢が弱い	平均値 弱小枝（節間長 4cm 未満の枝） を含む場合中央値または最頻値
開花節直下の 節間長 (cm)	「成長のバランス」 長い：栄養成長 短い：生殖成長	平均値 弱小枝を含む場合中央値

2 調査間隔

- 生育調査は、必ず 7 日間隔 で実施します。従来と異なり、7 日より短い間隔なら問題ありませんが、8 日以上間隔を空けてしまうと生育予測の精度が低くなります（p.25 参照）。

3 調査時の留意点

- 生育調査は、中庸（ハウス内で代表的）な生育の 4 ～ 6 株 を対象とします。ハウスが南北棟の場合は東・西に、東西棟の場合は南・北に 2 ～ 3 株ずつ設定します。摘心後であれば 1 株あたり 3 箇所（3 花分）以上測定できると最適です。
- 開花節が無い場合、開花直前の蕾の直下節 や 完全に展開した葉の直下節 を選びます。主枝の摘心前は主枝の開花節直下節を、主枝の摘心後は、成長点を持つ側枝の開花節直下節を選びます。第 2 次側枝（孫枝）伸長以降は、中段以上の高さから発生した側枝を選びます。弱小枝を含んでしまう場合は、集計方法を中央値とします。
- 茎周は、測定の誤差が小さい反面、ネット誘引した枝や細い枝（弱小枝）を測定する場合、誤って折損させてしまうリスクが高いため、枝の混みやすい摘心栽培では推奨できません。

追補 1 現地事例の解析

本章では、県内の施設きゅうり栽培時の生育の周期性や環境および収量のデータを解析し、生育指標の妥当性について解析した結果を紹介します。

1 摘心栽培における生育診断の現状

現在、生産現場では7～10日間隔で生育調査を実施し生育診断を実施していますが、必ずしも生育のコントロールや収量の安定化につなげられていないのが現状です。篤農家は、これまでの経験と知識により今後の生育の見通しをつけ、栽培管理内容を適切なタイミングに変更して安定生産を実現しています。したがって、既存の生育指標（開花節直下の茎径・節間長）を活用し、篤農家の持つ「生育の見通しをつけて栽培管理内容を適切なタイミングで変更する栽培技術」を栽培初心者でも再現できるような、生育予測技術の確立が求められます。

また、摘心栽培において、生育をコントロールするために気温をはじめとした環境設定を変更しても生育反応は即座に表れません。つまり、環境の変化が生育反応として表れるまでに何日かタイムラグが発生している可能性が考えられますが、これについて解析された事例は国内外をみても報告されていません。

2 県内施設きゅうり摘心栽培の生育・環境データを用いた解析

そこで、生育診断に用いている生育指標（開花節直下の茎径・節間長）が、生育予測を行うための「先行指標」に最適であるか確認するため、時系列解析手法（自己相関解析法）により、生育指標における周期性の有無を解析しました。周期性を有している（自己相関性がある）と認められるデータであれば、傾向の切り替わる日数や現況値と逆の状態（現在草勢が強い場合は草勢が弱い状態、現在栄養成長に傾いている場合は生殖成長に傾く状態）になる日数を予測することができます。

また、同様に、時系列解析法（相互相関解析法）により、「茎径・節間長の変化が収量の変化に影響するまで」と「環境の変化が茎径・節間長の変化に影響するまで」のタイムラグを解析しました。前者の結果から、現在の生育調査間隔が適正であるかどうか、後者の結果から、生育診断に基づいた環境設定の変更間隔が適正であるかどうかを評価できます。併せて、得られたタイムラグの有意性を判断するため、線形混合効果モデル（LMM）により

影響力の大小を確認しました。

最後に、環境の変化が生育の変化に、生育の変化が収量の変化にタイムラグを経て影響する場合、因果関係は環境→生育→収量といった階層構造にあるのか、統計解析手法（区分的構造方程式モデリング（piecewise Structural Equation Modeling、piecewise SEM））を用い、0～1週間後、2週間後、3週間後のタイムラグを想定して、県内の施設きゅうりの摘心栽培事例で得られた開花節直下節の茎径・節間長等の生育値および気温・CO₂濃度・DIF等の環境値、収量を活用し解析しました。

トマトを中心として取り組まれている生育診断は、生産現場向けの技術として開発されたものであり、科学的な文献による裏付けが弱く、否定的な議論も存在している状況です。階層構造が成立する場合は、収量に影響する大きな要素として整理でき、成立しない場合は、収量よりも先に環境の変化の影響を受ける先行指標であるというように整理することができます。

3 解析結果

（１）生育指標の周期性

生育調査の値は、3～10日間隔で得られた離散的な反復測定データです。これを1日ごとの連続値に変換するため、線形補間を行いました。地域・作型・品種・環境制御技術の有無による影響も併せて解析しました。

ア 茎径（茎周）

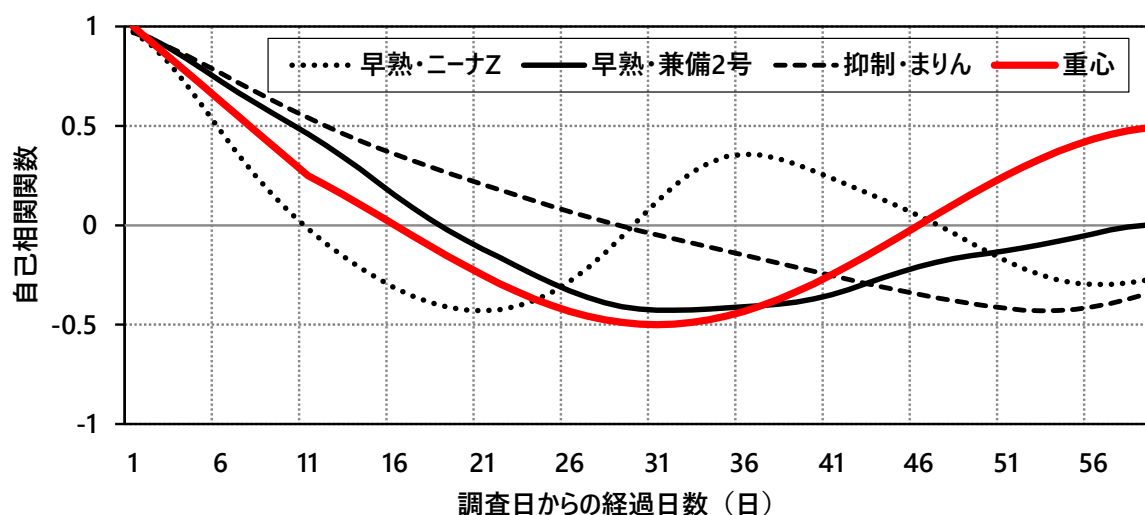


図 5 - 1 品種別にみた茎径（茎周）の自己相関（周期性）

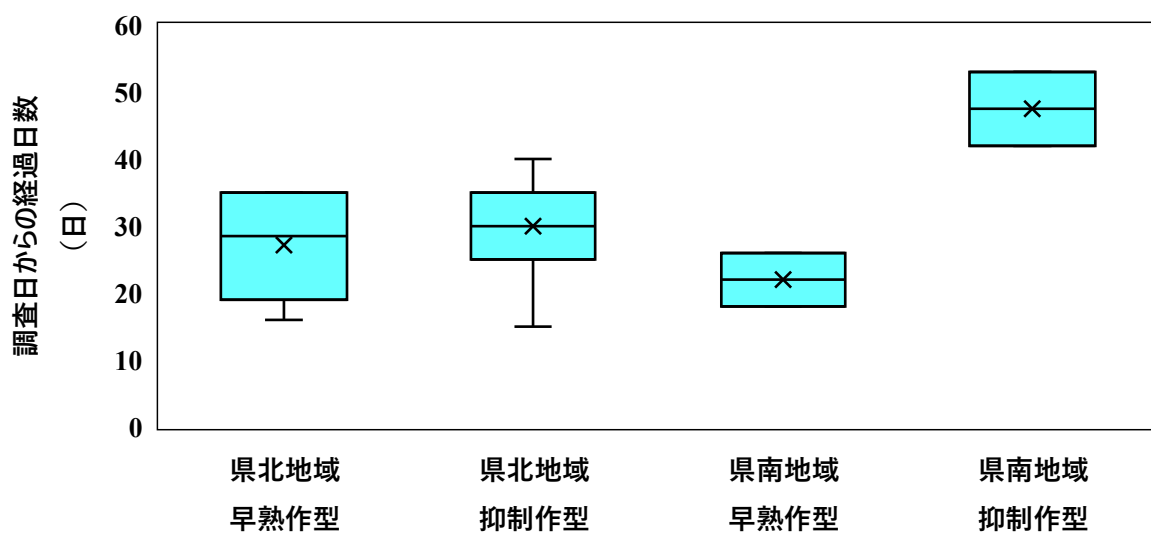


図 5 - 2 地域別にみた茎径（茎周）の周期性の重心

- ・ 茎径は、作型の影響を強く受け、抑制作型で周期が長くなりやすい傾向があり、県南地域の抑制作型では、自己相関が認められない事例もありました（図 5 - 1、5 - 2）。強勢の穂木品種では周期が短くなりやすく、弱勢の品種では周期が長くなりやすい傾向がありました。地域・台木品種・環境制御の有無で差は認められませんでした。
- ・ 傾向の切り替わる周期性は、[16 日](#)（赤線、95%信頼区間：11~21 日後）でした。

イ 節間長

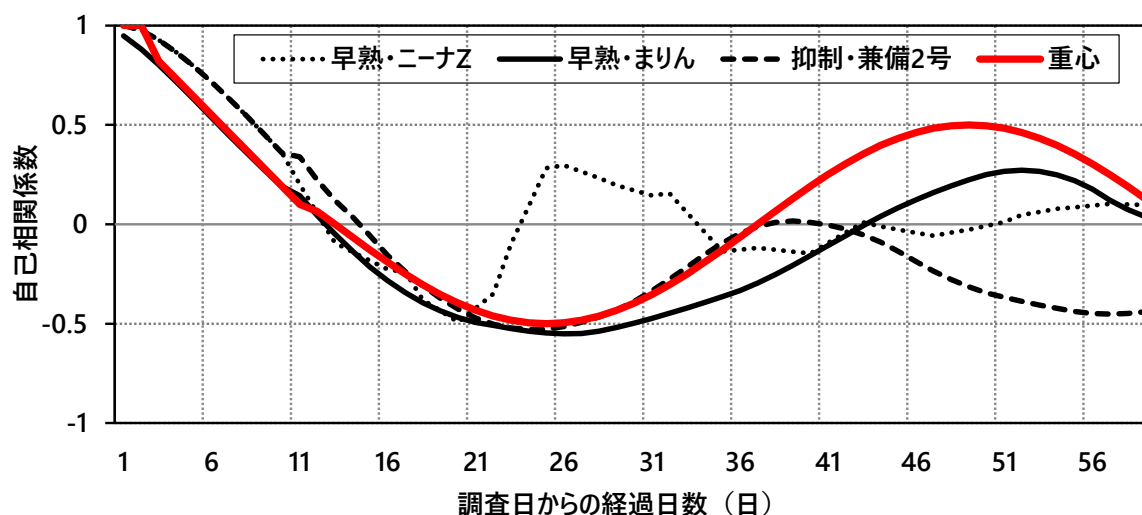


図 5 - 3 品種別にみた節間長の自己相関（周期性）

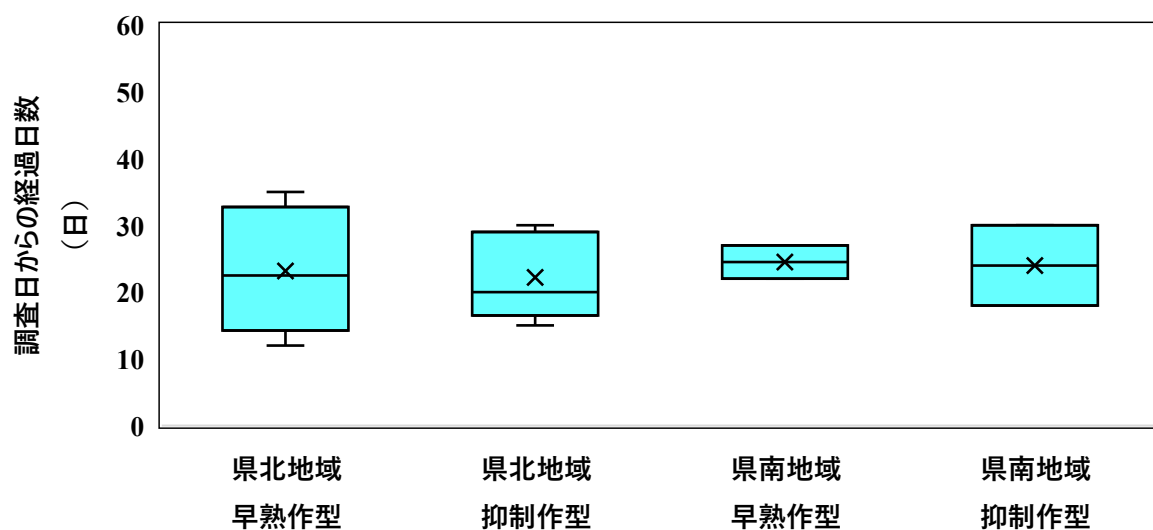


図 5 - 4 地域別にみた節間長の周期性の重心

- ・ 節間長は、強勢の穂木品種では周期が短くなる傾向が認められましたが、地域・作型で差は認められませんでした（図 5 - 3、5 - 4）。
- ・ 傾向の切り替わる周期性は、[12 日](#)（赤線、95%信頼区間：11~13 日後）でした。

ウ その他の生育指標

表 5 - 1 自己相関解析結果

生育データ	調査日からの経過日数（95%信頼区間）※1		周期性の有無 ※2	
	平準点まで	現在と逆転するまで	県北	県南
茎径（茎周）	16日（±3日）	32日（±5日）	*	ns
節間長	12日（±1日）	24日（±1日）	*	*
開花数	10日（±1日）	20日（±2日）	*	**
着果数※3	11日（±1日）	23日（±2日）	*	*

※1 正負の転換は、各生育指標における自己相関係数の正負が転換する日数を示し、周期性は自己相関係数 0.5以上の高い相関が認められた日数を示す。

※2 Ljung-Box検定により、**($p < 0.01$)および*($p < 0.05$)では周期性（自己相関）が存在し、nsでは周期性（自己相関）が存在しないことを示す。

※3 着果数は収穫頻度によって数値が変動し、相関が低くなる場合がある。

- ・ 表 5 - 1 は、茎径・節間長に加え、開花数・着果数での自己相関解析の結果をまとめました。県南地域の抑制作型を除き、他の地域・作型における茎径と節間長・開花

数・着果数では、自己相関性が認められました ($p<0.05$)。開花数・着果数の周期性はほぼ同等であり、茎径・節間長の周期性と傾向が似ていました。

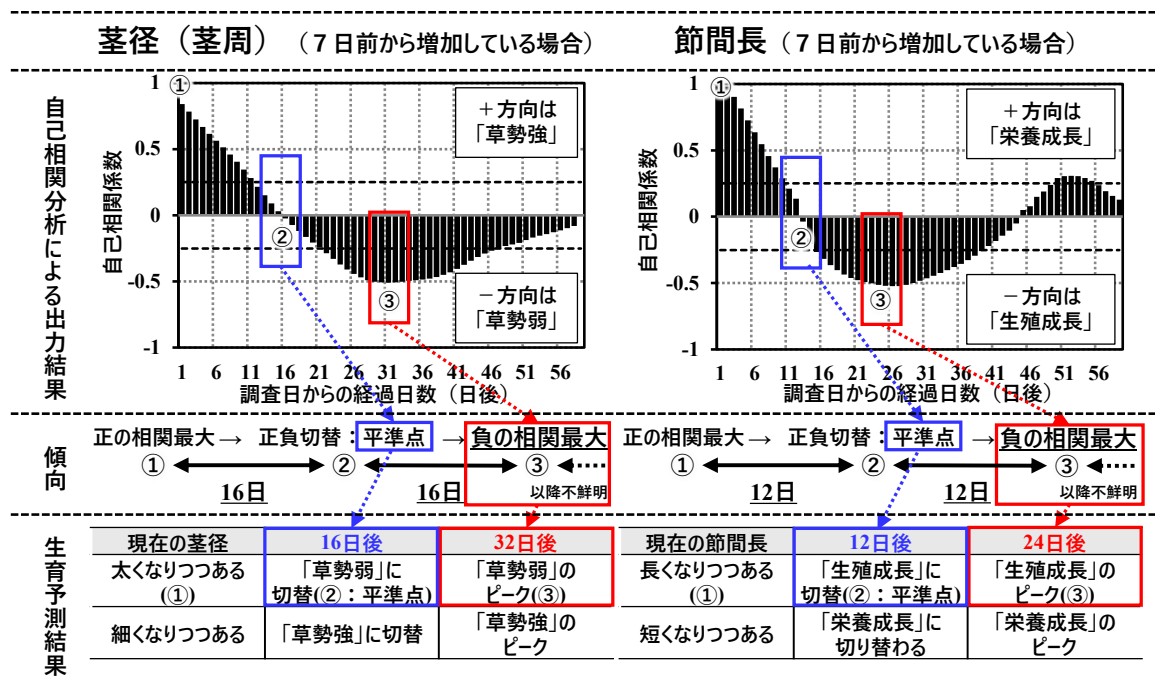


図 5 - 5 周期性に基づいた生育予測の考え方

- この解析で得られた周期性から、現在茎径が太くなってきている場合は 32 日後に細く、現在節間長が長くなってきている場合 24 日後に短く、開花数が多い場合 20 日後に少なく、着果数が多い場合 23 日後に少なくなることが分かります（図 5 - 5）。

（2）生育の変化が収量の変化に影響するまでのタイムラグ

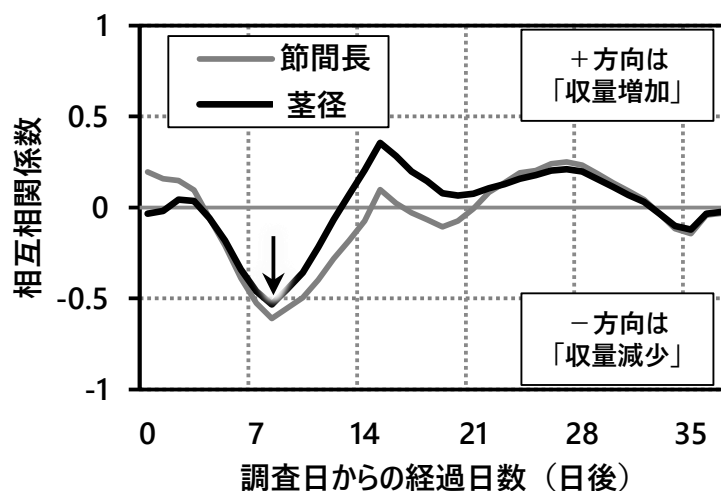


図 5 - 6 茎径・節間長の変化と収量の変化の相互相関係数

- ・ 図 5 - 6 には、茎径と収量との相互相関関数（黒線）と節間長と収量との相互相関関数（灰線）を示しました。有効なタイムラグ候補（相互相関関数が|0.5|を超えるタイムラグ）は、最短で 7 日（95%信頼区間：10~16 日後）でした。
- ・ この結果から、茎径・節間長の値が増えると最短 7 日後の収量が減収し、茎径・節間長の値が減ると最短 7 日後の収量が増収するという関係性が認められました。
- ・ すなわち、茎径・節間長の変化を捉えられると、最短 7 日後の収量の変化を予測できるため、生育調査は 7 日以内の調査間隔が望ましいと考えられました。

表 5 - 2 生育調査項目の変化が他の生育調査項目および収量の変化に影響するまでのタイムラグと影響の正負

先に変化 する生育値	後に変化する生育値の反応のタイムラグと相関の符号 ※1,2,3			
	節間長	開花数	着果数	収量
茎径（茎周）	12日 (+,++)	18日 (+,**)	15日 (-,**)	7日 (-,*)
節間長	-	24日 (-, +)	22日 (-,**)	8日 (-,*)
開花数	-	-	11日 (-,**)	13日 (-,*)

※1 各指標間の遅れ日数は、相互相関係数0.5以上の高い相関が認められた日数を示す。

※2 ()内の符号は、+：正の相関(遅れ日数後に増加傾向)、-：負の相関(同左、減少傾向)を示す。

※3 ()内の記号は、**：いずれの地域・作型でも同様の傾向、*：解析が県北 地域のみ、++：県北地域の早熟作型のみ、+：県南地域の抑制作型のみであることを示す。

るのかについて、解析した結果を表 5 - 2 に載せました。

- ・ 茎径の値の増加は、節間長や開花数には正の影響を与えていますが、着果数や収量には負の影響を与えています。
- ・ 草勢が強い状態であれば、栄養成長に傾きやすく、節の増加が促進されます（茎径→節間長）。きゅうりは節に葉と果実が基本 1 つずつ着生するため、節の増加速度が早いほど開花数も増加していきます（茎径または節間長→開花数）。

- ・ 草勢が強いまたは栄養成長に傾くと、着果量は減少し、収量も減少します（茎径または節間長→着果数または収量）。
- ・ このタイムラグや正負の影響は、過着果や果実肥大の停滞、草勢の低下等の減少の時系列関係と一致していました。
- ・ これらのことから、茎径は草勢の強さを、節間長は成長のバランスを示す生育指標として最適であり、一般的な摘心栽培においては、草勢の強さは 16 日周期で、節間長は 12 日周期で傾向が切り替わることが分かりました。

（３）環境の変化が生育の変化に影響するまでのタイムラグ

ア 気温の変化が生育の変化に影響するまでのタイムラグ

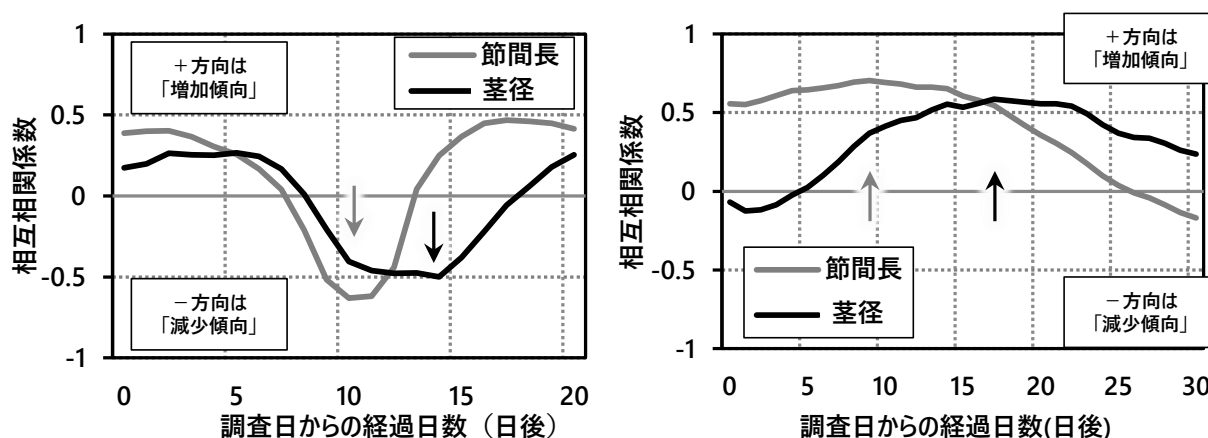


図 5 - 7 早熟作型（左図）および抑制作型（右図）における気温の上昇が生育の変化に影響するまでのタイムラグと影響の正負

- ・ 図 5 - 7 左図では、早熟作型における高温下での解析結果を示しており、14 日後の茎径と 11 日後の節間長の値が減少しています。右図では、抑制作型における暖房下での解析結果であり、17 日後の茎径と 9 日後の節間長の値が増加しています。
- ・ 気温の変化は、14 日後（95%信頼区間：11～17 日後）の茎径と 16 日後（95%信頼区間：9～19 日後）の節間長の変化に影響しており、影響の正負は作型や栽培環境によって変わることが分かりました。

イ CO₂濃度の変化が生育の変化に影響するまでのタイムラグ

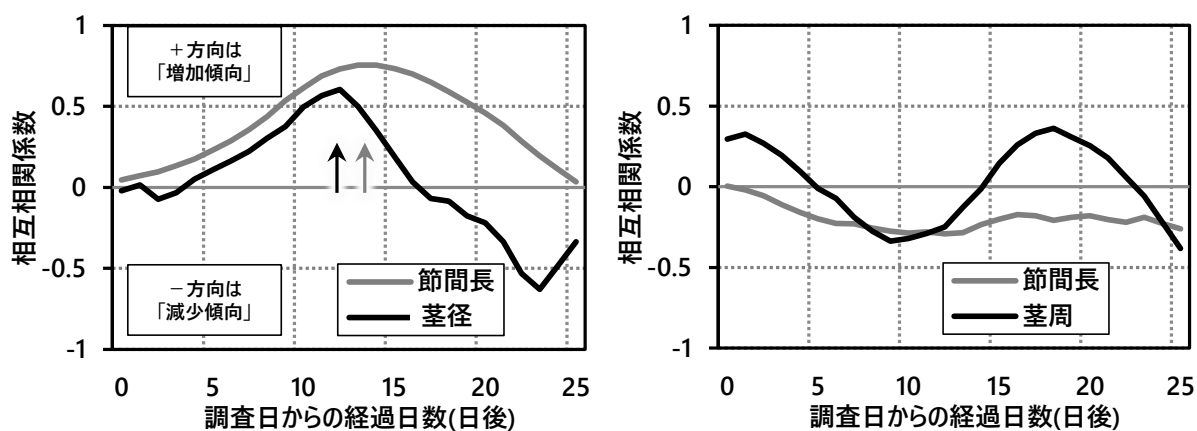


図 5 - 8 CO₂ 施用ほ場（左図）と未施用ほ場（右図）における CO₂ 濃度の上昇が生育の変化に影響するまでのタイムラグと影響の正負

- CO₂ 濃度の変化は、CO₂ 施用を実施していない（図 5 - 8 右図）と相関が認められませんでした。
- CO₂ 施用区における CO₂ 濃度が増加した場合、18 日後（95%信頼区間：14～21 日後）の茎径や 17 日後（95%信頼区間：15～19 日後）の節間長の値も増加しました。

ウ 作型別にみた環境の変化が生育の変化に影響するまでのタイムラグ

表 5 - 3 環境値の変化が生育・収量の変化に影響するまでのタイムラグと影響の正負

環境値	生育値の反応のタイムラグと相関の符号 ※1,2,3,4				
	茎径（茎周）	節間長	開花数	着果数	収量
気温	7日 (-/+, **)	16/19日 (-/+, **)	10日 (-/+, **)	14日 (+/-, *)	19/17日 (+/-, **)
CO ₂ 濃度※5	17日 (+, **)	17日 (+, *)	16日 (+, *)	11日 (-, *)	19日 (-, *)
相対湿度	0, 7日 (+, *)	0, 15日 (+, **)	0, 13日 (+, *)	0, 17日 (+, *)	0, 11日 (+, *)
日射量	14日 (+, **)	16日 (-, **)	13日 (+, *)	17日 (+, *)	14日 (+, **)

※1 各指標間の遅れ日数は、相互相関係数0.5以上の高い相関が認められた日数を示す。

※2 気温 vs 節間長および気温 vs 収量は、/ の前が早熟作型、後は抑制作型の値または符号を示す。

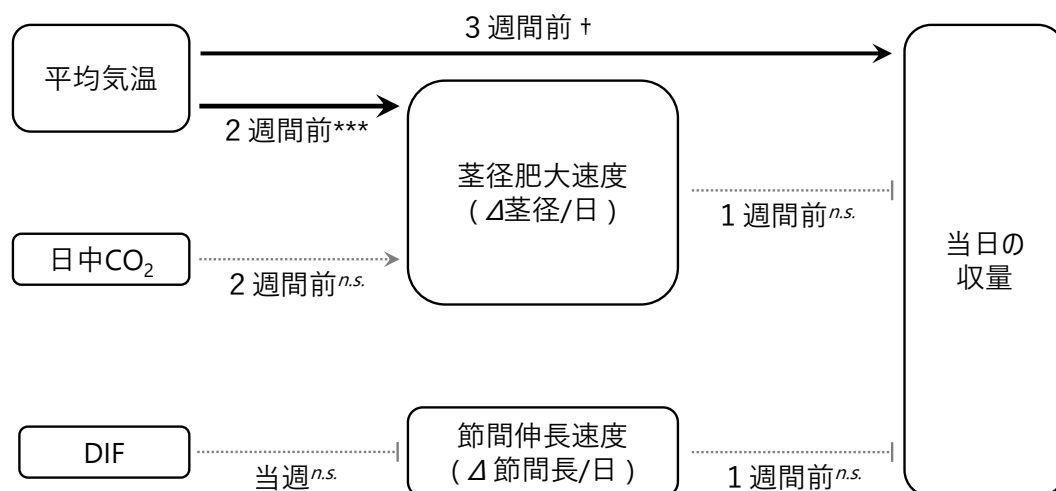
※3 ()内の符号は、+：正の相関(遅れ日数後に増加傾向)、-：負の相関(同左、減少傾向)を示す。

※4 ()内の記号は、**：いずれの作型でも同様の傾向、*：早熟または抑制作型のいずれかのみ値であることを示す。

※5 CO₂濃度との相互相関係数は、CO₂を施用しない場合、いずれの生育指標との相関も認められない。

- ・ 表 5 - 3 には、気温・CO₂ 濃度に加え、相対湿度・日射量の変化が茎径・節間長・開花数・収量の変化に影響するまでのタイムラグと影響の正負を示しました。
- ・ 早熟作型は、平均気温が生育適温より高い期間が多く、抑制作型では低い期間が多く占めています。従って、気温の上昇に対する生育値または収量の変化は、作型によって逆転します。気温の上昇は、早熟作型では草勢を弱め生殖成長に傾けますが、抑制作型では草勢を強め栄養成長に傾ける傾向が認められました。
- ・ CO₂ 濃度の変化によるタイムラグの解析には、CO₂ 施用ほ場のデータを活用しました。CO₂ 施用ほ場では、未施用ほ場と比較して 10～20%の増収を確認していますが、生産現場での課題として、作業遅れによる過着果、それに伴う肥大不良が挙げられ、1 日あたり収量が減収するケースが頻出していました。表 5 - 3 で着果数・収量が減少しているのはこの現象を表しているためと推察されました。
- ・ きゅうりの生育は、高湿度条件が前提のため、相対湿度が上昇すると、生育値／収量が増加しました。また、相対湿度は当日および 7 日後の草勢の強さや 14 日後の成長のバランス・開花・着果・収量に影響することが分かりました。
- ・ 日射量の増加は、14 日後の草勢を強め、開花数だけでなく果実肥大を促進することから着果数や収量を増加させ、生殖成長に傾ける効果が認められました。
- ・ したがって、生産現場において、生育の平準化を図る環境設定の変更が、生育の変化に即座に反映されないのは、環境値の変化は生育値または収量の変化に影響するまで 7 ～14 日を要するためであることが分かり、これまで実施してきた既往の生育診断による環境設定の判断では、変更するタイミングと変更頻度が不適切である可能性が示唆されました。

(4) 環境・生育・収量の因果関係



※ 有意性 + : $p < 0.10$, $p < 0.01$: ***, n.s. : なし

※ 作型は、生育環境の季節差を補正する共変量としてモデルに含めた。作型の影響を補正した後も、2週間前の平均気温は、茎肥大速度と有意に関連していた ($p = 0.060$)。

図 5 - 9 環境の変化は生育の変化と収量の変化にそれぞれ並列に影響している

- piecewise SEM の結果を図 5 - 9 に示しました。茎径の変化量を日割りした茎径肥大速度と、節間長の変化量を日割りした節間伸長速度を算出し、平均気温・日中 CO_2 濃度・昼夜温差 (DIF) と 1 日あたり収量を使用して解析しました。
- 図中の矢印は正の影響を、バー付き直線は負の影響を示し、線の太さは影響力の強さを表します。黒線は有意性あり、灰線は有意性のない影響を示します。因果関係の有無をみると、平均気温と茎径で強い関連性が認められる一方、平均気温と収量にも関連性が認められました。
- 独立性 (「環境」→「生育」→「収量」という階層から、真ん中の階層にある「生育」を除いて環境→収量が成り立たれば、階層構造があると証明できる) の検定を行ったところ、棄却されました。すなわち、環境の変化は生育／収量の変化に並列に影響していることが分かりました。
- 茎径・節間長の変化 は、①相互相関分析では、収量の変化に先行すること、②環境の変化を収量と同様に影響を受ける対象であることから、収量と因果関係は認められないものの、栽培上の先行指標として有望であるということが示唆されました。

追補 2 現地実証事例

きゅうり栽培管理支援ツールを使用した場合と使用せず慣行管理とした場合、生育・収量にどのような差異が生じるか確認しました。

(1) 耕種概要

- **試験場所**：県北農業研究所（軽米町山内）パイプハウス（5.4×10.0×2.5m）
- **導入設備**：小型温風器 KA-203、農 PO 一重被覆、光合成促進機 KCA-1000、低圧ミストシステム（プラントミスト）による多段飽差管理
- **試験品種**：「兼備 2 号」/「ときわパワー-Z2」（1,111 株/10a）
- **栽培期間**：早熟作型 R7/4/10～7/11、抑制作型 R7/8/18～11/5
- **区 制** 4 株/区×2 連制

ア 実証区：生育調査を 7 日間隔に実施し、本ツールを用いて図 4 - 1 のスケジュール、図 4 - 2 の管理強度に従い、今後 14 日間の栽培管理内容を設定しました。
ツールによる生育予測は 14 日間隔で実施しました。

イ 慣行区：生育調査を 7～10 日間隔で実施し、きゅうり生育診断シート（岩手県（2024））を用いて得られた結果を基に栽培管理内容を設定しました。

- **気温管理**：両区ともに、表 4 - 1 を参考に暖房・換気目標気温を設定しました。

表 4 - 1 変温管理モデル（p.13 表 2 - 1 再掲）

設定項目／モデルNo.		I	II	III	IV	V	VI
処理名	処理概要・目的	節展開促進 + 草勢強化	節展開促進 + 草勢抑制	節展開促進 + 転流促進	佐賀県 慣行管理	PMHT・QD + 草勢強化	佐賀県 PMHT・QD
気温例 (°C)	平均気温	18.8	20.0	17.9	19.9	18.1	19.8
	昼夜温差 (DIF)	7.3	7.9	11.8	8.6	12.2	8.9
高温時間	午前 (AMHT)	○	○	○	○	×	×
	午後 (PMHT)	×	×	×	×	○	○
温度変化	夕方急速降温 (QD)	×	×	×	○	○	○
	夕方緩徐降温 (SD)	○	○	○	×	×	×
生育指標	草勢の強さ	強める	弱める	強める	弱める	強める	弱める
	生育のバランス	栄養成長	栄養成長	栄養/生殖	栄養/生殖	生殖成長	生殖成長

- **かん水管理**：両区ともに、早熟作型では、日出～日入 1 時間前・15～40 分間隔、抑制作型では、日出 30 分前～日入 1 時間前・15～30 分間隔、いずれも点滴かん水チューブを用いて実施しました。実証区では、日射量の予報値を参考に株あたりかん

水量（多い：草勢強くする、少ない：草勢弱くする）を変更しました。

- **肥培管理**：両区ともに、住友液肥 1 号（N/K 比 2.5、栄養成長へ調整）またはくみあい液肥 2 号（N/K 比 1.25、標準）を使用し、給液 EC 0.8～2.4 に調整して管理しました。

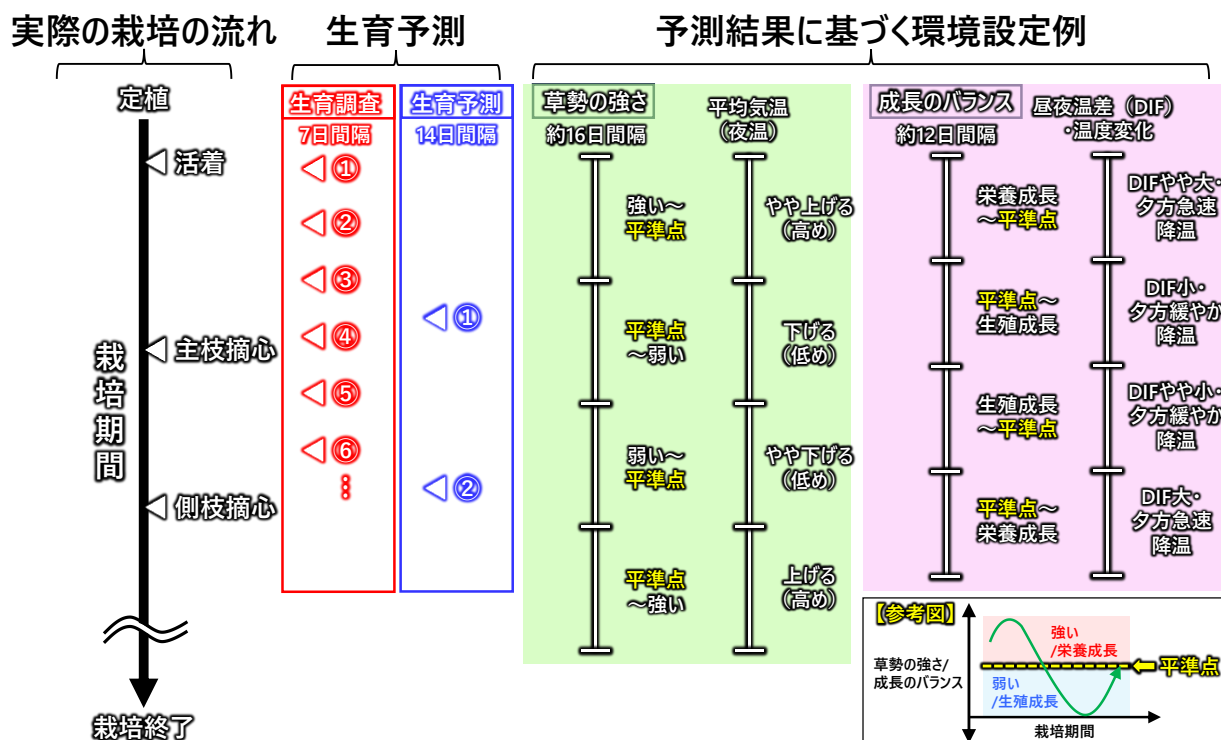


図 4 - 1 生育予測結果に基づいた気温管理の設定例

- ・ 図 4 - 1 のとおり、生育調査は活着直後から行い、生育予測は生育調査 3 回目以降から 14 日間隔で実施します。
- ・ 「草勢の強さ」と「成長のバランス」の周期性は、概ね図に示した日間隔になりますが、生育調査の調査回数が少ないときは、間隔がこれより短くなることがあります。
- ・ 右下の「参考図」は、平準点の定義を示したものです。「草勢の強さ」と「成長のバランス」の振れの平均ラインが平準点であり、平準点の前後で管理強度を変更します。

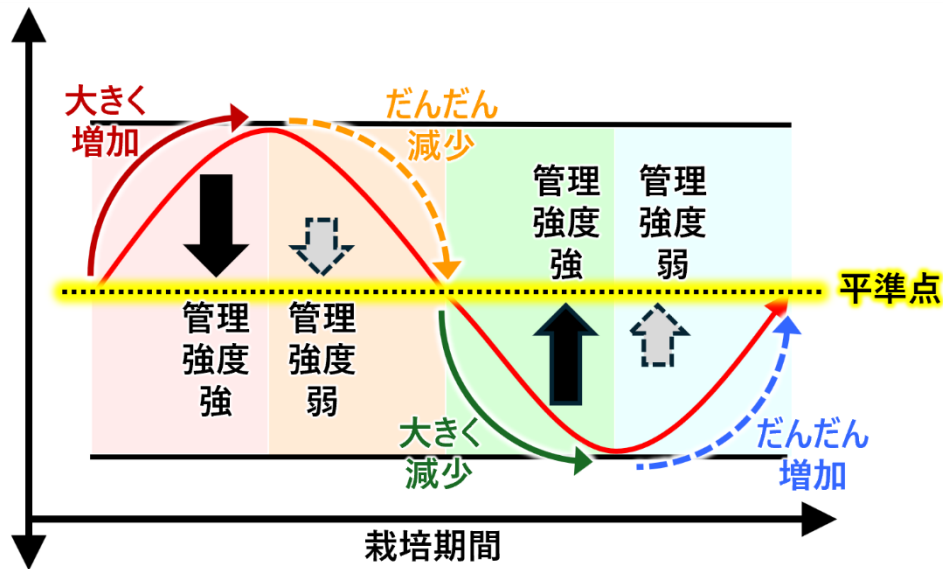


図 4 - 2 平準点を基準とした管理内容とその強度

- ・ 図 4 - 2 は、横軸の栽培期間が進むにつれ、生育（「草勢の強さ」または「成長のバランス」）が連続して振れていることを示したイメージ図になります。
 - ・ 振れる生育を平準化するため、平準点付近に沿うように管理内容を設定します。
 - ・ 平準点から離れていくと予測される場合は管理強度を大きく、近づいていくと予測される場合は管理強度を小さくします。
- 図 4 - 3 には、抑制作型における変温管理等のアプローチが、平均気温・CO₂ 濃度・莖径および節間長の変化量（階差、今回調査－前回調査の値）・着果量および流れ果の変化量（同上）を並べて示しています。
 - 実際のパイプハウスでは、暖房・換気目標気温を変更したところで、モデル通り正確に推移させることはできません。日射量による顕熱や換気効率、隙間換気量等の違いにより気温は大きく影響を受け、図 4 - 3 上部のとおりにモデルを設定しましたが、実際にはⅠ・Ⅳ・Ⅵのモデルに近似してしまう場合が頻出しました。
 - したがって、草勢の強さと成長のバランスを平準化するためには、変温管理のみに頼らず、かん水・肥培管理等と組み合わせた総合的なアプローチが必要になります。

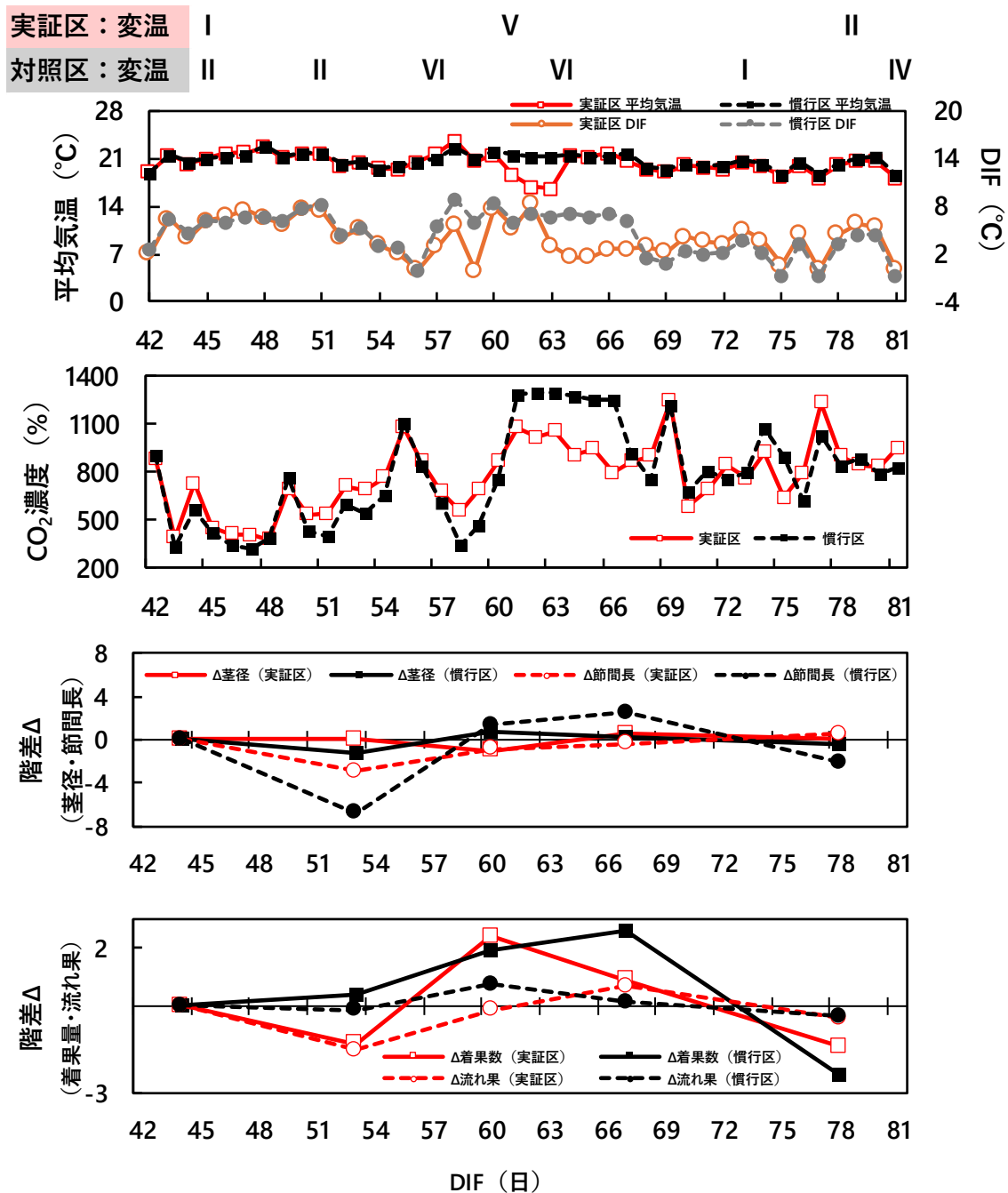


図4-3 抑制作型における変温管理・CO₂施用量の変更によるハウス内環境や茎径・節間長・着果量・流れ果の変化量の比較

- 実証区では、生育予測に基づいた変温・かん水・肥培管理を実施したところ、慣行区と比較して、茎径が95%、節間長が78%、着果数が88%、流れ果数が48%となり、節間長と流れ果数では有意な減少が認められました ($p < 0.05$)。

- 生育予測時の傾向が切り替わる際の振れ幅は、慣行区と比較して、茎径 11%、節間長 103%、着果数 118%、流れ果 83%となり、茎径と流れ果数では有意な減少が認められました ($p < 0.05$)。

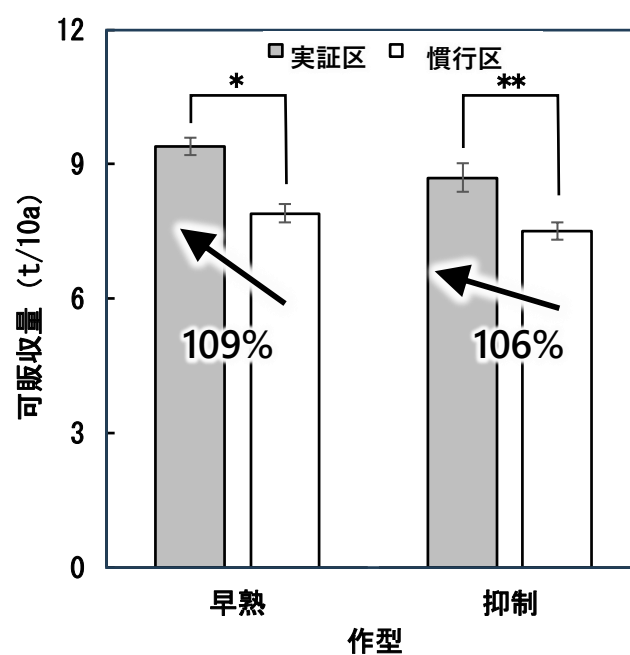


図 4 - 2 作型別に示した実証区および慣行区における可販収量

- 実証区の可販収量は、慣行区と比較して早熟作型で 109%、抑制作型で 106%、年間で約 10%の増収効果が確認でき、両作型ともに、welch の t 検定において、 $p < 0.05$ で有意差が認められました。

付録 参考文献

Nº	著者	文献タイトル	引用元
1	岩手県 (2026)	令和7年度 試験研究成績書 (果樹・野菜研究室)	非公開
2	中村ら (2026)	施設キュウリの摘心栽培における生育予測に基づいた栽培管理 方法の検証	園学別 25 (1) : P125
3	江原ら (2017)	午後高温・夕方急速降温管理が促成栽培キュウリの生育に及 ぼす影響	園学研 16 (2) : 155-161.
4	Heuvelink et al. (1989)	Dry matter distribution in tomato and cucumber	Acta Horti260: 149-180.
5	平間ら (2002)	ハウス内の気温と湿度がキュウリの生育に及ぼす影響	園学研 1 (3) : 183-186.
6	川城ら (2010)	キュウリの促成栽培における温度管理が生育・収量に及ぼす影 響	園学研 9 (1) : 67-72.
7	東出ら (2012)	環境制御下のキュウリ短期栽培における気象要素の影響	園学研 21 : 17-25.
8	Kläring et al. (2017)	Diurnal Temperature Variations Significantly Affect Cuc umber Fruit Growth	Hortscience52 (1) : 60-64.
9	Grimstad et al. (1993)	Effect of different day and night temperature regimes o n greenhouse cucumber young plant production, flower bud formation and early yield	Scientia Horticulturae53 (3) 191-20 4.
10	浜本ら (1997)	キュウリとカボチャの胚軸伸長に対する温度の影響	園学雑 65 (4) : 731-736.
11	Xiong (2002)	Effect of DIF and end-of-day light quality on stem elon gation in <i>Cucumis sativus</i>	Scientia Horticulturae94 (2002) : 2 19-229.
12	茨城県 (2003)	キュウリの養液土耕栽培における灌水	https://www.pref.ibaraki.jp/nourinsuisan/enken/seika/yasai/kyuuri/document/s/s1510.pdf
13	岩手県 (2004)	きゅうり露地普通栽培におけるかん注追肥による草勢維持効果	https://www.pref.iwate.jp/agri/_res/projects/project_agri/_page_/002/004/221/h16shidou_23.pdf
14	Arshad (2017)	Effect of Water Stress on the Growth and Yield of Gre enhouse Cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.)	PSM Biological Research2 (2) : 6 3-67.
15	Rolaniya et al. (2018)	Effect of Irrigation Levels and Mulch on Growth and Y ield of Cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.) under Poly H ouse	Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci7 (3) : 3748-3756.
16	Kafle et al. (2025)	Influence of deficit irrigation and biochar amendment on growth, physiology, and yield of cucumber in West Te xas	Scientific Reports15 (9615) : 1-17.
17	Ikkonen (2018)	Responses of young cucumber plants to a diurnal tempe rature drop at different times of day and night	Acta agriculturae Slovenica111 (3) : 567-573.
18	川城ら (2009)	低濃度二酸化炭素施用が促成栽培キュウリの収量に及ぼす影 響	園学研 8 (4) : 445-449.
19	鈴木ら (2014)	CO ₂ 施用時の高い相対湿度がキュウリの生育、光合成速度、 窒素含量に及ぼす影響	日本冷凍空調学会論文集 31 (3) : 331-337.
20	今枝 (2018)	施設栽培キュウリにおける生育指標の調査	https://www.pref.aichi.jp/uploaded/attachment/480971.pdf

21	Koo et al. (2025)	Supplemental lighting and CO ₂ enrichment on the growth, fruit quality, and yield of cucumber	Hortic Environ Biotechnol66 : 77-85.
22	Liu et al. (2025)	Effects of carbon dioxide enrichment on photosynthesis, growth and yield in cucumber: a meta-analysis	https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2025.10.31.685732v1.full
23	Namizaki et al. (2022)	Effects of Elevated CO ₂ Levels on the Growth and Yield of Summer-Grown Cucumbers Cultivated under Different Day and Night Temperatures	Agronomy12 (8) : 1872.
24	稲山ら (1973)	キュウリの光合成産物の動態に及ぼす温度の影響	園学雑 42 (1) : 27-34.
25	Abdelraouf (2020)	Field and Modeling Study on Manual and Automatic Irrigation Scheduling under Deficit Irrigation of Greenhouse Cucumber	Sustainability12 (23) : 9819.
26	Piri et al. (2022)	Interactive effects of deficit irrigation and vermicompost on yield, quality, and irrigation water use efficiency of greenhouse cucumber	Journal of Arid Land14 : 1274-1292.
27	Satitunnai et al. (2022)	Cultivation Conditions Affect the Occurrence of Blossom-end Enlargement in Cucumber	The Horticulture Journal91 (4) : 531-540.
28	佐賀県 (2018)	日射比例点滴灌水によるキュウリの増収と収益性	https://www.pref.saga.lg.jp/kiji00361782/3_61782_99303_up_gdxyni0q.pdf
29	湯浅ら (1981)	窒素施用量に対する施設キュウリの反応と土壌窒素の動態	千葉大園学報 29 (1) 7 : 1-7.
30	Santamaria et al. (2004)	Growth and nutrient composition of cucumber (<i>Cucumis sativus</i> L.) plants grown in a closed soilless system	Acta horticulturae659 : 629-636.
31	Wahocho et al. (2016)	GROWTH AND YIELD OF CUCUMBER (<i>CUCUMIS SATIVUS</i> L.) CULTIVARS IN RESPONSE TO DIFFERENT NITROGEN LEVELS	Sci.Int. (Lahore) ,28 (3) : 2691-2695.
32	Haifa Group (2026)	Crop Guide	https://www.haifa-group.com/cucumber-0/crop-guide-nutrients-cucumber
33	Näkkilä et al. (2013)	IMPROVED PRODUCTIVITY BY SPLIT ROOT FERTIGATION IN GREENHOUSE-GROWN CUCUMBER	Acta Horticulturae1013 (35) : 291-296.
34	佐賀県 (2019)	施設野菜のための生育指標活用マニュアル	https://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/hukyu/h_zirei/r01/attach/pdf/index-10.pdf
35	He et al. (2024)	The Impact of Nutrient Solution Electrical Conductivity on Leaf Transcriptome Contributing to the Fruit Quality of Cucumber Grown in Coir Cultivation	Int. J. Mol. Sci.25 (22) : 11864.
36	伊藤ら (2025)	キュウリの果実生育ステージおよび培養液濃度が ¹³ C-光合成産物の転流・分配に及ぼす影響	園学研 25 (1) : 15-20.
37	岩手県 (2024)	きゅうり生育診断シートの解説	https://www.pref.iwate.jp/agri/_res/projects/project_agri/_page_002/010/635/kyuuri_sindan_kaisetu.pdf

研究課題名：（R3-11）県北地域の施設きゅうり等に適した環境制御技術の開発

〔令達：データ駆動型農業推進事業〕

研究期間：令和3～7年度

担当研究室：岩手県農業研究センター県北農業研究所 果樹・野菜研究室