

2.5 光合成量と発達速度にもとづく夜温管理による計画出荷の精度向上

～望月園芸 望月鉄雄氏(静岡県静岡市、トルコギキョウ)～

望月園芸の望月鉄雄氏は、環境モニタリングと植物生理モデルにもとづくクラウドサービス(Thinking Farm)を、トルコギキョウ栽培での2019年8月定植作より導入している。令和2年度の事業報告書(別冊2)において、計測値よりクラウドサービスにより提供される各種指標や管理温度の推奨値を参考に、自分の栽培管理や生育状況と照らし合わせ、環境制御に活用する方法について概要を紹介した。本年度は、光合成量などの各種データを活用した計画生産による収穫ピークの平準化、光合成量と発達量に応じた夜間温度管理と省エネの取り組みなどについて紹介する。

(1)栽培概要

- ・経営規模:屋根型鉄骨ハウス18a(全2棟)
- ・栽培方法:トルコギキョウの夏定植二度切り栽培(土耕栽培)、8月下旬～9月下旬に4回に別け多品種を定植、出荷ピークが11月末～12月下旬、1月末～3月上旬、5月にある。
- ・経営の特徴:花持ちを重視した高品質な切り花を市場出荷。灌水は控えめで、花持ちについて市場評価を得ており、高い販売単価(200～300円/本程度)を維持している。
- ・環境モニタリングと植物生理モデルにもとづくクラウドサービス(Thinking Farm)を2019年8月定植作より導入。環境制御装置による集中制御は行わず、Thinking Farmにより演算・集計されるデータや天気予報などを参考に、温度やCO₂濃度の目標値を独自に定めている。



図1 望月農園のトルコギキョウ栽培ハウス(2024年1月11日撮影)

右: Thinking Farmのセンサーボックス(中央に吊り下げられた白い箱)

(2)データ活用の方法①:日々の光合成量に応じた夜間温度の調整と転流促進

- ・Thinking Farmを用いた具体的な手法として、日の入後に集計されるレポート(図2)より、昼間平均温度や日純光合成量(推定値)を確認し、気象情報サイト(気象庁予報)での外気温情報も踏まえ、前夜半と後夜半の温度設定を温風暖房機に接続した四段変温サーモで行った。

気温制御評価	
A	純光合成最適温度に近い環境でした。この調子で頑張りましょう。 ※高温期には純光合成最適温度を保てない場合があります。
測定値	
昼平均気温	24.3 °C
昼純光合成量	9.385 g/m ²
昼蒸散量	1142.330 g/m ²
昼日射	15.941 MJ/m ²
昼PPFD	36.566 mol/m ²
目標夜温	
目標平均夜温	15.8 °C
前夜半設定温度	17.3 °C
後夜半設定温度	14.3 °C
thinking-farm.com	

図2 Thinking Farm 日報画面

昼平均温度、昼純光合成量、昼蒸散量、目標平均夜温等が演算される。

・例えば、夜間の外気温の低下が予想される場合であっても、純光合成量が多ければ前夜半温度を17 °C まで高め積極的に転流を行わせた。後夜半温度はトルコギキョウの基底温度(発達の限界温度)に近い13°Cとしている(13°C未満では花染みも発生)。

・このように、純光合成量に応じて転流をスムーズすることを念頭に置いた管理を行っている。また省エネも念頭に置き、前夜半(午前零時まで)と後夜半(午前零時以降)の温度設定にメリハリをつけながら、日々のレポートや天気予報を参考に夜間温度設定を細かく調節している。

具体的な制御設定例

・例1(2023年2月5日): 昼間日射量14.6MJ/m²(晴天)、純光合成量9.45g/m²、早朝外気温予報2.5°C(静岡市としてはかなり冷え込みが厳しい予報)、前夜半17°C設定(積極加温)、後夜半13°C設定(省エネ目的)。

・例2(2023年2月10日): 昼間日射量0.9MJ/m²(曇天のため小さい)、純光合成量-0.79g/m²(呼吸>光合成だった)、早朝外気温予報5.0°C、前夜半・後夜半とも12.5°C設定(省エネ)。

・例3(2023年2月22日): 昼間日射量15.7MJ/m²(晴天)、純光合成量11.1g/m²、早朝外気温予報7.0°C、前夜半19°C(積極加温)・後夜半14.5°C設定(外気温上昇にあわせ積極加温)、夜間平均温度16.3°C。

・以上の変温管理の手法は2023年2月から採用した。2月は暖房能力の都合で夜温が十分に上がらない日もあった。一方、4月になり夜温が上昇しても転流促進のため夜間暖房設定を上げて調整することもあった(一般的には暖房は行わない時期)。

(3) データ活用の方法②: 独自の指標(草勢指数)による徒長の抑制

- ・草勢指数(日純光合成量をDVR(発達速度)で割った値、値が1を超えると草勢が強い)は、前記の例3では0.9となった。日純光合成量、DVR、草勢指数などはThinking Farmが出力する。DVRを毎日積算したDVI(発達量)を管理指標とし、どの程度発達が進んでいるか(遅れているか)の目安にしている。
- ・発達が進んでも光合成量が少ないと徒長するため、望月氏は独自の指標として草勢指数(純光合成量/DVR)を用い、純光合成量と草勢のバランスを取り、徒長を抑制して切り花品質の安定化につなげている。

(4) データ活用の方法③: 収穫時期の調整とピークの平準化

- ・春季に二番花の収穫が集中すると作業が追い付かないことがある。また外気温の上昇に任せていると収穫時期はどんどん後ろにずれる傾向にあるため、環境制御により採花期を前進させる取組みを2022年夏定植作で行った。結果は母の日(2023年5月14日)に間に合わせることができた。販売単価は元々高いため大きな変化はなかったが、需要期に当たったことで確実に出荷を行うことができた。
- ・そのために、DVIの昨年と今年の計画と実績についてグラフ化を行っている。開花に必要な発達量となれば収穫を迎えることが、過去のデータより分析されている。採花期の調整を前述の夜間暖房設定値の調整などにより行いながら、DVIの推移を確認し、計画する収穫時期の実現をはかっている。
- ・多品種(約15品種)を栽培する中で、品種による早晚性の違いもDVIにより把握しており、収穫作業の分散化に利用している。

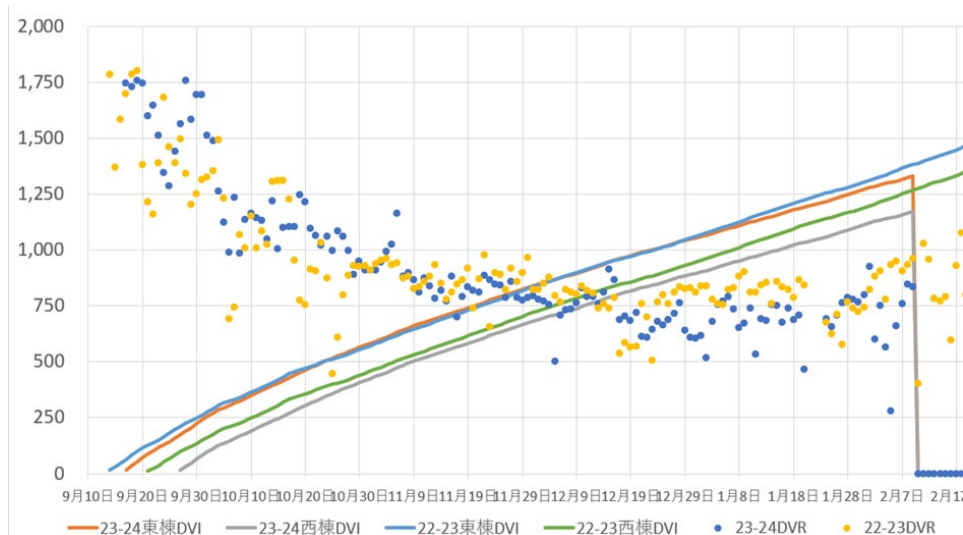


図3 Microsoft Excelで作成した、年間のDVIの推移グラフ

具体的な制御設定例

- ・例4(2023年4月29日): 昼間日射量 $25.2\text{MJ}/\text{m}^2$ (晴天)、純光合成量 $1,141\text{g}/\text{m}^2$ 、昼間平均温度 25.2°C 、夜間平均温度 19.8°C 、前夜半 20°C ・後夜半 15°C 設定。母の日に出荷が間に合うよう暖房を行う。

(5) CO₂高濃度施用の取組み

- ・冬期曇天で日射量が低下する日には、換気窓が閉じた状態のためCO₂施用濃度を1,000ppm程度に高めることができ、光合成量を上昇させている。
- ・CO₂施用は日の出15分後に開始し1,000ppmを目標に。天窓が1回開くと400ppmを目標にし、開きそうもないようなら再度1,000ppmを目標にしている(CO₂濃度コントローラの手動設定による)。

具体的な制御設定例

- ・例1(2023年1月17日)昼間日射量8.4MJ/m²(曇天と晴天)、昼間平均温度24.1℃、純光合成量10.31g/m²、日中はほぼCO₂施用を連続して行った(灯油使用量は5~6ℓ程度で経費も千円/日未満)。
- ・例2(2023年1月29日)昼間日射量14.7MJ/m²(晴天)、昼間平均温度24.2℃、純光合成量9.3g/m²。例1より日射量が大きかったにもかかわらず、純光合成量は低下した。



図4 CO₂濃度コントローラ

(中央上の白いボックスはダブルエム研究所製、ハウス2棟に設置)

(6) その他の取組み

1) データ共有と音声入力機能の利用

- ・望月氏のデータ管理と活用は、Thinking Farmや天気予報等から得られるデータを、Microsoft 365上のExcelのワークシートに入力し、過去のデータを参照しながら行われている。ワークシート上には、温度設定についてなぜそう考えて行ったかのメモがコメントとして残されている。過去の同月同日などの設定内容を振り返る際には、コメントを参照し、その当時の判断について確認して新たな判断の参考にしている。
- ・最近ではMicrosoft 365のファイル共有機能を利用し、圃場でのスマホによるワークシートへのコメント書き込みを音声入力で行っている。そのことでデータ管理の省力化や確実な記録が行われている。

房④ 日没 ~24時	昼平均 気温	昼純 光合 成	日純光合成 /DVR	夜平均 気温	差異	昼純光合成 目標夜温	日平均 気温	DVR (昼底温度10.0℃)	2番花GA3処 理以降の東 DVI	2番花 理以降
19.5	24.6	8.53	0.67	15.2	-0.40	15.60	19.0	9.04	581.71	29
19.0	24.1	7.07	0.52	15.2	0.10	15.10	18.9	8.87	590.58	30
19.5	24.0	8.08	0.65	15.0	-0.40	15.40	18.7	8.75	599.33	31
19.5	23.6	7.96	0.65	15.0	-0.40	15.40	18.6	8.58	607.91	32
19.5	23.7	8.44	0.70	15.0	-0.50	15.50	18.7	8.67	616.58	33
19.5	23.6	7.34	0.53	15.9	0.70	15.20	19.1	9.08	625.66	34
16.5	21.7	6.47	0.63	13.5	-1.40	14.90	16.9	6.89	632.55	34
19.0	23.6	8.65	0.76	14.7	-0.90	15.60	18.3	8.33	640.88	35
18.5	23.9	7.79	0.65	14.6	-0.70	15.30	18.5	8.51	649.39	36
19.0	23.6	8.71	0.73	15.1	-0.50	15.60	18.7	8.67	658.06	37
19.0	24.4	8.82	0.74	14.9	-0.70	15.60	18.8	8.80	666.86	38
19.0	23.7	8.84	0.77	14.8	-0.90	15.70	18.5	8.49	675.35	39
18.5	23.9	8.98	0.73	15.4	-0.90	15.70	18.5	8.49	675.35	39
17.0	23.7	7.09	0.55	15.1	-0.90	15.70	18.5	8.49	675.35	40
15.0	23.9	7.17	0.62	14.0	-0.90	15.70	18.5	8.49	675.35	41
15.0	20.1	1.55	-0.08	13.6	0.10	13.50	16.4	6.36	707.49	42
15.0	22.1	2.63	0.07	13.7	-0.10	13.80	17.3	7.28	714.77	42
17.0	23.9	6.77	0.52	14.8	-0.20	15.00	18.7	8.68	723.45	43
18.0	24.5	8.36	0.69	14.8	-0.70	15.50	18.8	8.85	732.30	44
18.0	23.7	9.93	0.90	14.6	-1.40	16.00	18.5	8.53	740.83	45

図5 Microsoft Excelで作成したコメント入りの日々のThinking Farmや暖房設定のデータ

2) 暖房費と費用対効果について

- ・重油使用量(経費)は2020年作32,000ℓ(約190万円)、2021年作34,000ℓ(約300万円)、2022年作33,500ℓ(約300万円)とあまり増えていない。
- ・面積当たりの暖房費は、一般的なトルコギキョウ栽培に比べ高いと考えられる。しかし、望月氏は、Thinking Farmより得られるデータを根拠として夜間暖房温度等の設定を行っており、無駄に夜温を高くしているわけではなく、品質向上や計画出荷における費用対効果を実感しているとのことである。

(7) 現地調査による委員所見

調査日: 令和6年1月11日(木)

(阪下委員)

- ・Thinking Farmを活用し、独自のトルコギキョウ用のDVIという「発達量」を制御していくことで、もっとも高く売れる時期の出荷を逃さないよう、環境制御を行っているのが特徴で、とくに望ましいスマートグリーンハウス活用の事例であると思われる。
- ・望月氏は年齢こそ70歳を超えているが、頭が柔らかく、活気に満ちている。スマートグリーンハウスの導入に年齢は関係ないことを証明しているよい事例と思われる。

(林委員)

- ・環境モニタリングと植物生理モデルから、各種成育パラメータを提供するクラウドサービス(Thinking Farm)を数年前から使用しており、それにより提供されるデータや推奨値を参考に環境管理をしている。その結果、収穫時期の調整や収穫の平準化がうまくできるようになり、作業管理も楽になったとのことである。このようなサービスを有効活用し、実質的な成果をあげている好事例である。今後のスマートグリーンハウス化を推進するうえでの参考になる。