

平成21年6月9日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18580038

研究課題名（和文）ニューラルネットワークモデルを用いた多年生草本観賞植物の群落光合成特性の解析

研究課題名（英文）Analysis of photosynthesis of herbaceous plants by neural network model

研究代表者 稲本 勝彦（INAMOTO KATSUHIKO）

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・寒冷地野菜花き研究チーム・主任研究員

研究者番号：50223235

研究成果の概要：ユリ、シクラメン、リンドウについて温度、光、二酸化炭素濃度等と個体レベル光合成との関係を解析した。いずれの植物も温度に対しては20～30℃の範囲で光合成の最適温度を示した。また、ユリにおいては、二酸化炭素濃度を1000ppm以上とすると、光合成速度が2～3倍となった。供試した3種類の植物について、ニューラルネットワークによって、温度、光、二酸化炭素濃度から光合成速度を良好に予測するモデルを作成することができた。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,600,000	0	1,600,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	390,000	3,290,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農学・園芸学・造園学

キーワード：光合成、温度、光、二酸化炭素濃度、ニューラルネットワーク、ユリ、シクラメン、リンドウ

1. 研究開始当初の背景

観賞植物の生産において、従来より高品質多収が求められてきたことに加え、近年は気候の温暖化や燃料費への高騰への対処、消費段階での日持ち性の向上が求められている。このことに対応した作型の開発、ならびに施肥管理、温度・光条件設定の最適化のために、個体あるいは群落レベルの光合成特性についての情報が必要である。

イネ・ムギ類とは異なり、観賞植物における光合成評価は個葉レベルでは多数あるものの、個体あるいは群落レベルでの光合成を評価した研究はほとんどなかった。光合成に関わる要因は光、温度の他、施肥量、生育ス

テージ、球根の貯蔵前歴など多岐にわたり、各要因の寄与率の評価を含め、相互作用を考慮した解析はきわめて複雑なものとなる。また、一般に光合成速度は環境要因に対して非線形の反応を示すことが知られている。農学分野で従来から利用されてきた線形回帰あるいは重回帰モデルは、これらの点に対して、対応に限界がある。さらに、幼植物から開花に至るまでの植物の生育相や球根形成など形状の質的な変換に対しては、回帰モデルでは原理的に対応し得ない。

2. 研究の目的

脳の神経系をエミュレートして情報解析

を行うニューラルネットワークモデル (NNM) の持つ多要因、非線形反応、質的要因、要因寄与率の評価能力への対応性に着目し、群落光合成特性の解析ならびに推定への NNM の応用を着想した。同モデルにより群落光合成推定を高精度に行い、多くの重要花き品目を含む多年生草本観賞植物の生産現場における最適環境管理のために、重要なツールとなるかどうかを検証する。

3. 研究の方法

(1) 光合成測定装置の作成

供試植物を複数個体収容可能なアクリル製の無色透明の開放式同化箱 (長さ 120cm×幅 100cm×高さ 120cm 程度) を作成した。CO₂ 変換器により同化箱導入前および排出後の空気中の CO₂ 濃度を、マスフローメーターで空気流量を、熱電対で温度 (葉温を含む) を測定した。グラフィックログでデータを収集し、光合成 (呼吸) 速度を算出した。

(2) 植物の育成・栽培と光合成測定時期

リンドウ：春季にセルトレイに播種し、ポットに移植、他は慣行に従って露地で栽培管理を行った。個体レベルでの光合成速度の測定を行った。

シクラメン：大輪系品種を供試した。秋季に播種し、ポット栽培を行った。慣行に従って温室内で栽培管理を行った。光合成の測定が可能になる程度に株が生育した段階で、個体光合成の測定を行った。

ユリ：主要栽培系統であるオリエンタル系品種 ‘シベリア’ を供試し、慣行の促成作型に準じて栽培を行った。秋季に未冷蔵の球根を購入し、5℃で冷蔵を行った。冷蔵後、ポットに植付けて温室内で栽培し、生育ステージごと (発芽後、着蕾時、開花時、開花 1 か月後) に個体光合成の測定を行った。

(3) 光合成の測定

チャンバーを温度ならびに光量調節が可能な人工光型恒温装置内に設置した。チャンバー内に慣行の栽植密度を模して植物を配置し、環境要因、すなわち温度、光量、導入空気中の CO₂ 濃度を変化させ、光合成速度を測定した。

光合成速度測定後、植物部位別の新鮮重および葉面積について測定した。

(4) ニューラルネットワークモデル (NNM) の構築とデータ解析

上記により採取した環境要因を入力、個体光合成 (呼吸) 速度を出力の学習データとして、階層型ニューラルネットワークモデルを構築した。光合成速度については、測定値から算出した適宜データの取捨、モデル構成

(階層数、中間層ユニット数等)、モデル内パラメータ (学習回数、許容誤差、比例定数等) の再設定を行い、出力実測値と予測値の差が小さくなるよう、改良を加えた。解析には、パッケージソフトウェアである「NEUROSIM」を用いた。

4. 研究成果

(1) オリエンタル系 ‘シベリア’ では、植物体温 20~25℃ で個体光合成速度が高く、それを超えると、光合成速度は徐々に低下し、30℃ における光合成速度は最大値の 60% 程度となった。一方、個体暗呼吸速度は温度の上昇に従って増加し、Q₁₀=1.4 程度と算出された (図 1)。

(2) オリエンタル系 ‘ギロンデ’ では、10℃ 以上で温度上昇に対して急激に個体光合成速度が低下した。30℃ における光合成速度は 15℃ の約 40% と算出された。個体暗呼吸の Q₁₀ は約 1.3 であった。

(3) ‘シベリア’、‘ギロンデ’ ともに地下部呼吸速度は地温の上昇に伴って増加し、Q₁₀ は前者が 1.9、後者が 1.3 程度と算出された。地上部植物体温と地温がともに 20℃ となった場合、両品種とも地下部呼吸速度は花序以外の個体暗呼吸の約 60% を占めることが示された。

(4) 光量の光合成補償点は ‘シベリア’ で光合成有効放射束 (PPF) が 90 μmol·m⁻¹·sec⁻¹、‘ギロンデ’ で 60 μmol·m⁻¹·sec⁻¹ 近辺と算出された。一方、飽和点は PPF 500 μmol·m⁻¹·sec⁻¹ 以上と推察された (図 1)。

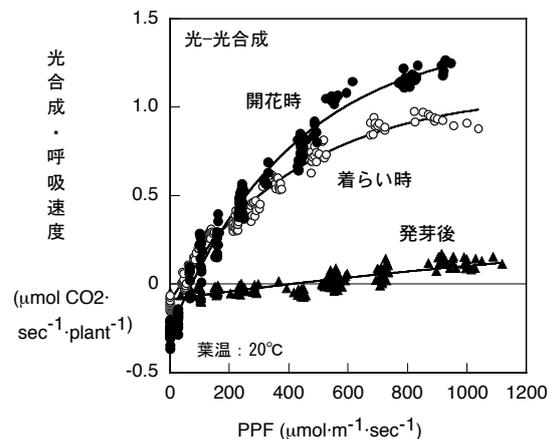


図 1. ユリ ‘シベリア’ における生育段階ごとの光・光合成関係。

(5) 温度に対する光合成速度の反応の差異は、育成に用いられた原種の特徴が反映しているものと推察された。

(6) ‘シベリア’ において、発芽時における光合成速度はきわめて低く、着蕾時に著しく高くなった。その後、開花時には光合成速度がさらに増加した。光補償点の PPF は発芽時

にきわめて高く、発蕾時に低くなったが、開花時にはやや高くなった (図2)。

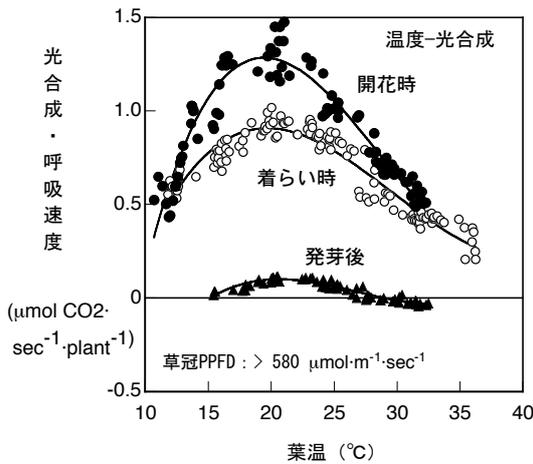


図2. ユリ‘シベリア’における生育段階ごとの温度-光合成関係.

(7) 同じく‘シベリア’において、3つの生育段階ともに光合成の最大値は20°Cで示された。発芽時においては、30°C以上で光合成速度が負の値となった。開花時の光合成速度は、発蕾時と比較して最大値は大きかったが、温度の上昇に伴う光合成速度の低下の割合が大きく、30°C付近ではほぼ同等となった。これは、花器の呼吸が大きく関与しているためと考えられた。

(8) ユリの種類別に光合成特性を評価したところ、一部を除いて個体光合成速度の光補償点ならびに最大光合成の80%となる光量は発蕾時より開花時で低くなる傾向がみられた。個体光合成速度が最大となる温度は18~23°Cとなるものが多かった。

(10) 光合成の最大値は夏期において、秋冬期と比較して、高い温度域で示された。このことには、生育時の環境前歴が関与している可能性がある。

(11) 二酸化炭素濃度と光合成速度との関係をみた。二酸化炭素濃度を1000ppm以上とし

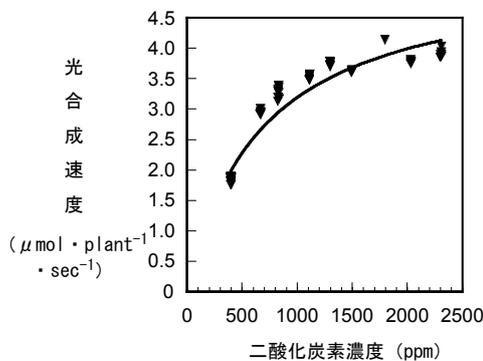


図3. ユリ‘シベリア’における生育段階ごとの二酸化炭素濃度-光合成関係.

た場合、光合成速度はなりゆき (約400ppm) の2~3倍の値となった (図3)。

(12) 湿度と光合成速度との関係をみた。湿度が上昇するにしたがって、光合成速度は増加した (図4)。

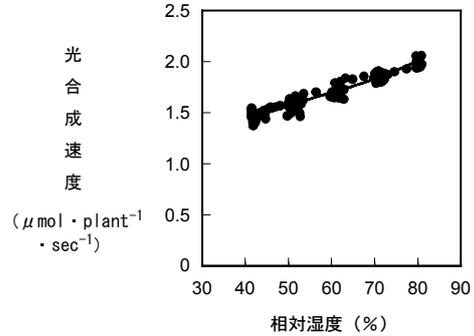


図4. ユリ‘シベリア’における湿度-光合成関係.

(13) 栽培温度 (昼温/夜温: 28/23°C、24/19°C、20°C/15°Cに設定) と開花時における植物体各部位の乾物重との関係をみた。栽培温度が高いほど、開花は早まる一方、開花における全体乾物重および部位別の乾物重は小さくなり、また相対生長率も小さかった。このことは、少なくとも部分的には光合成特性が関与しているものと考えられる (図5)。

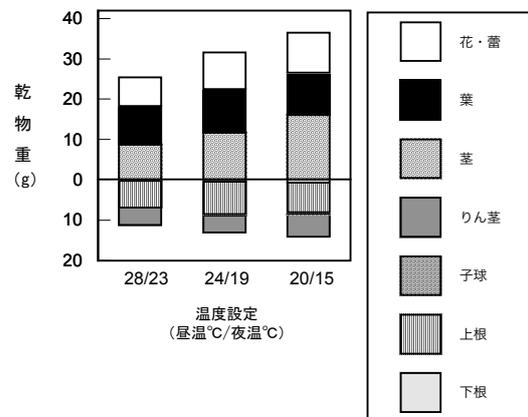


図5. ユリ‘シベリア’における栽培温度と開花時乾物重との関係.

(14) シクラメン、リンドウともに、光合成は温度に対して極大値を示し、両品目ともにこれが20~25°C周辺にあった (図6, 図7)。

(15) ユリ‘シベリア’について、温度、光量、二酸化炭素濃度と光合成に関するデータをNEUROSIMに入力し、NNM作成を試みたところ、データは収束し、学習データと同時に採取した確認データの予測は良好であった (図8, 図9)。

(16) 学習データと別個に採取した確認データの場合、実測値と予測値との若干のずれが生じたが、パラメータを追加したネットワー

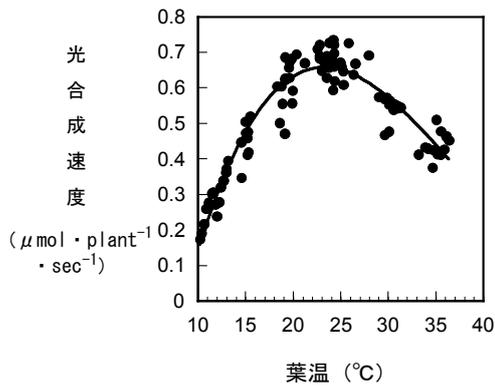


図 6. シクラメンにおける開花時の温度-光合成関係.

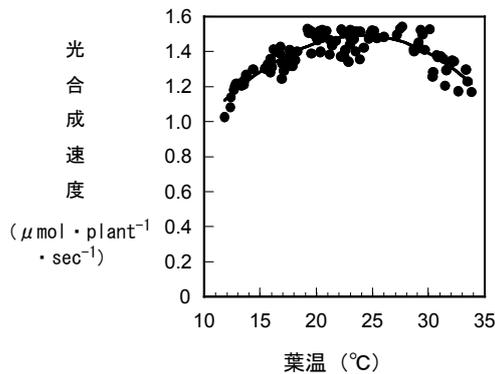


図 7. リンドウにおける開花時の温度-光合成関係.

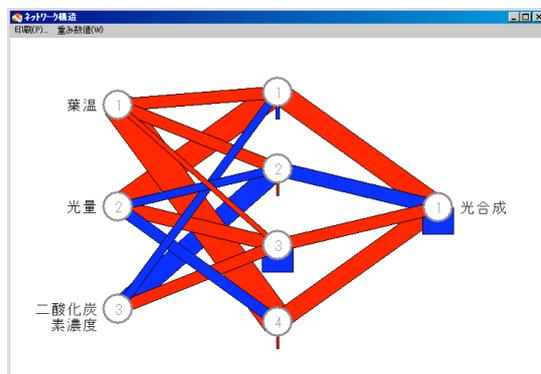


図 8. ネットワークの例.

クを作成することにより、より良好に予測できるものと考えられた。

(17) 一方、ユリ、シクラメン、リンドウの異種同士を混合してネットワークを構築して予測を行ったところ、高い収束率・予測精度が得られた (図 10)。

(18) 以上、NNM は群落光合成推定を高精度に行い、多くの重要花き品目を含む多年生草本観賞植物の生産現場における最適環境管理のために役立つツールとなり得ることが示された。

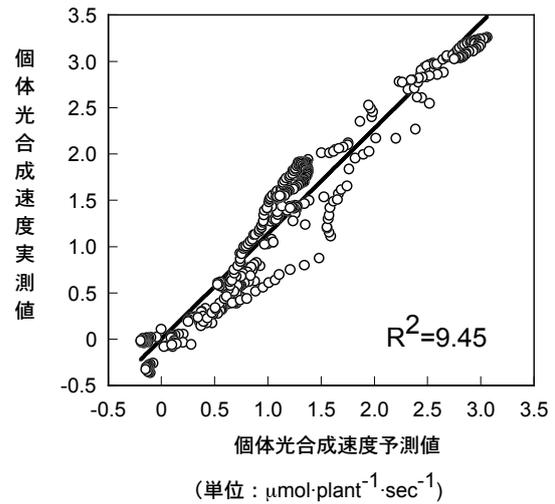


図 9. ユリ 'シベリア' におけるにおけるニューラルネットワークによる温度、光量、二酸化炭素濃度を変えた場合の光合成速度の予測値と実測値との関係.

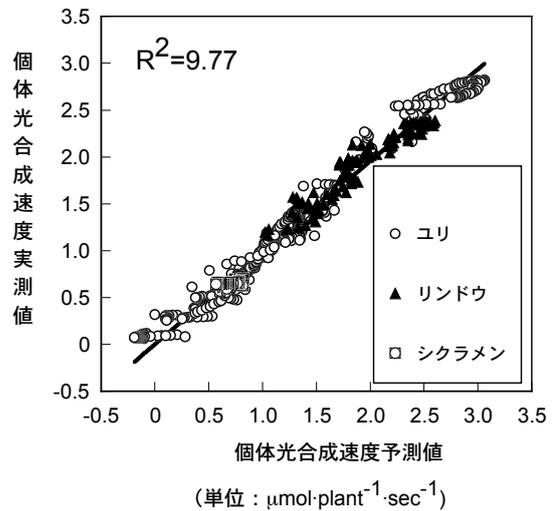


図 10. ユリ 'シベリア'、リンドウ、シクラメンを混合して作成したニューラルネットワークによる温度、光量、二酸化炭素濃度を変えた場合の光合成速度の予測値と実測値との関係.

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1件)

- ① 稲本勝彦、長菅香織、矢野孝喜、山崎博子、山崎篤
ユリの生育段階ごとの個体光合成特性
園芸学会
園芸学会平成 20 年度秋季大会
2008 年 9 月 27 日
三重大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲本 勝彦 (INAMOTO KATSUHIKO)
独立行政法人農業・食品産業技術総合研究
機構・東北農業研究センター・寒冷地野菜
花き研究チーム・主任研究員
研究者番号：50223235

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし