

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	第	号
------	---	---

氏 名 YI Yan (易 燕)

論 文 題 目

Nutrient Supply and Growth Responses of Potato under Elevated CO<sub>2</sub>

(高 CO<sub>2</sub> 環境下における養分供給とジャガイモの成長反応)

### 論文審査担当者

主 査	名古屋大学准教授	矢野 勝也
委 員	名古屋大学教授	浅川 晋
委 員	名古屋大学教授	近藤 始彦
委 員	名古屋大学教授	谷口 光隆
委 員	名古屋大学助教	杉浦 大輔

## 論文審査の結果の要旨

地球の大気中の CO<sub>2</sub> 濃度 ( ambient CO<sub>2</sub>, a[CO<sub>2</sub>] ) は、産業革命前の 280 ppm から現在では 400 ppm を超えるまで上昇している。この CO<sub>2</sub> 濃度上昇は主に化石燃料の燃焼に起因しており、その消費が劇的に抑制されない限り今後も大気 CO<sub>2</sub> 濃度は上昇し続けるであろう。化石燃料の消費に左右される大気 CO<sub>2</sub> 濃度が将来どこまで上昇するのかを正確に予見するのは困難であるが、今世紀末には現在の 2 倍の CO<sub>2</sub> 濃度に達する可能性も指摘されている。この状況を鑑みれば、上昇した CO<sub>2</sub> 濃度 ( elevated CO<sub>2</sub>, e[CO<sub>2</sub>] ) 環境下における作物生産のあり方や課題を、今のうちから研究して対策を構築することが極めて重要である。

植物のバイオマス ( 乾物 ) の約 9 割は C・O で構成されており、その大部分は大気 CO<sub>2</sub> に由来している。特に C<sub>3</sub> 植物では、現在の CO<sub>2</sub> 濃度ではまだ光合成速度が頭打ちとなっておらず、CO<sub>2</sub> 濃度の上昇が植物の光合成能・バイオマス生産能を向上させる潜在性を有する。植物は主に気孔を介して大気から CO<sub>2</sub> を獲得するが、その際に不可逆的に水分を失うため ( 蒸散 ) 植物のバイオマス生産量と水消費量の間には緊密な関係が存在する。したがって、水消費量の増加なしではバイオマス生産量も増加しないのが通常であるが、光合成と蒸散との関係に直接影響を及ぼす CO<sub>2</sub> 濃度の上昇はこの関係を変化させる。このように CO<sub>2</sub> 濃度上昇は、特に C<sub>3</sub> 光合成を営む植物のバイオマス生産や水消費に強いインパクトを与える可能性が高い。

一方、CO<sub>2</sub> 濃度上昇が植物のバイオマス生産能の向上に必ずしも十分に直結しないことも指摘されている。その原因として、CO<sub>2</sub> 濃度上昇で葉に糖・デンプンなどの炭水化物が蓄積し、光合成能が一時的に上昇しても速やかに低下してしまうことが問題視されている。それを回避するには、蓄積した炭水化物を別の器官 ( シンク ) の成長にうまく消費することが重要と考えられる。易 燕は、可変的な栄養器官をシンクとするイモ類が高 CO<sub>2</sub> 環境を活用する上で有望と考え、ジャガイモを用いた一連の研究成果を本論文に取りまとめた。

まず、CO<sub>2</sub> 濃度を 400 ppm ( a[CO<sub>2</sub>] ) または 800 ppm ( e[CO<sub>2</sub>] ) に設定した屋内グロースチャンパー内の土耕栽培で、最大バイオマス達成に要する最小養分供給量および水消費量の把握のために、ジャガイモの初期生長を N・P・K に対する飽和応答曲線から定量化した。N・K を十分供給した条件下では、最大バイオマスに必要となる P 供給量は CO<sub>2</sub> 濃度条件で変化せず、P 需要を十分に満たすことで e[CO<sub>2</sub>] 下のバイオマスは最大 1.5 倍程度増加することを明らかにした。さらに、このバイオマス増には水消費量の増加を必要としないことも示した。その原因として、水利用効率 ( 水消費量当たりのバイオマス生産量 ) が e[CO<sub>2</sub>] 下で著しく増加すること、ただしその増加が P 栄養状態に強く規定されることを見出した。従来、e[CO<sub>2</sub>] 環境が植物の水利用効率を増加させる結果、CO<sub>2</sub> 獲得のための水需要を低減させることは指摘されていたが、P 栄養状態との交互作用が重大な役割を果たすことを初めて

## 論文審査の結果の要旨

明らかにしたことは特筆すべき点である。

また、 $e[\text{CO}_2]$ 下におけるジャガイモの N 需要と水需要が P 栄養状態で変化することも明らかにした。すなわち、P 充足条件下では、 $e[\text{CO}_2]$ 下の最大バイオマスを得るための N 需要は増加しても水需要は増加しないこと、一方 P 欠乏条件下では、N 需要は変化せず水需要は減少することを示した。K の供給は塊茎の形成を促進し、 $e[\text{CO}_2]$ 条件下でのバイオマス生産量を顕著に促進した。K 供給に対してバイオマス応答は飽和しなかったが、K 供給量に応じて  $e[\text{CO}_2]$ 下のバイオマス生産能とそれを強く規定する水利用効率は増加した。ただし、P 不足の植物では K 供給に対するバイオマス応答は鋭敏でなく、P 需要を満たすことの重要性を指摘した。これらの結果は、N・K・水の需要が P 栄養状態で変動することを示したものであり、 $e[\text{CO}_2]$ 下でのジャガイモ初期成長における P 栄養の基盤的な役割を初めて示唆した点で高く評価できる。

次に、ジャガイモの初期生育のみならず生育期間全般で  $\text{CO}_2$  濃度上昇の影響を調査するために、屋外オープントップチャンバーで土耕栽培試験を行った。その結果、先の屋内グロースチャンバー試験での結果と比較して、屋外オープントップチャンバー試験では  $\text{CO}_2$  濃度上昇によるバイオマス増は相対的に小さく、逆に  $e[\text{CO}_2]$ 下でバイオマス生産が低下する場合があることも示した。この原因として、 $e[\text{CO}_2]$ 下では植物の老化が促進される現象を認め、特に葉身内グルコース濃度の増加との関連を指摘した。これらの結果は、 $\text{CO}_2$  濃度上昇が初期生育でのバイオマス生産の増加をもたらしたとしても、老化促進による生育期間の短縮によってその効果が相殺される可能性を示し、 $e[\text{CO}_2]$ 下での老化抑制が重要な課題となることを示唆した点で学術的価値が高い。

引き続き、 $\text{CO}_2$  濃度上昇に対する応答を早晩性が異なる 6 品種間で比較した結果、晩生品種ほど  $e[\text{CO}_2]$ 下でのバイオマス増が大きくなる傾向を確認し、また一部の早生品種でもバイオマス増が大きくなるものがあることも見出した。器官別のバイオマス分布に着目すると、 $e[\text{CO}_2]$ 下でのバイオマス増が大きい品種では地上部の占める割合が高い点で共通性があることを明らかにした。これらの結果は、老化の早い早生品種よりも老化の遅い晩生品種の方が  $e[\text{CO}_2]$ 環境下でのジャガイモ生産性を向上させるには有利であること、そして早生品種であっても地上部成長を旺盛に保つことが重要となることを立証した点で農学的価値が高いと評価できる。

以上の一連の研究から、易 燕は  $e[\text{CO}_2]$ 環境がジャガイモ生育初期のバイオマス生産能を大きく向上させうること、その際には P・水の追加的な需要は発生しないが N 需要は高まることを明らかにした。特に、水需要が増加しない要因が水利用効率の向上にあること、そしてこの水利用効率向上が  $\text{CO}_2$  濃度と P 栄養状態の交互作用に規定されることを明らかにした点は高い新規性を有し、学術的価値が高い。

別紙 1 - 2

## 論文審査の結果の要旨

一方で、 $e[\text{CO}_2]$ 環境が老化を促進する現象を見出し、特に貧栄養状態では  $a[\text{CO}_2]$ 環境下よりもむしろ収量が低下する可能性を指摘した。この  $e[\text{CO}_2]$ 環境が誘発する老化現象という新たな課題に対して、収穫部位の塊茎だけでなく地上部の成長を旺盛に維持することの重要性を指摘した。これら一連の研究成果を取りまとめた本論文の内容は、高度の学術的価値を有し、来たる  $e[\text{CO}_2]$ 環境下の作物生産のあり方や課題を提示した点で農学的価値が高く、当該研究分野に関する学術研究に大きく貢献するものである。よって、本委員会は本論文の内容が博士（農学）の学位を授与するに十分であるものと認め、論文審査に合格と判定した。