

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名

タン ハオイェ

背景および目的

地表オゾンとは、大気汚染物質の中で最も大きな影響を植物に及ぼすと考えられている。それは、頂部開放型の小型温室（以下 OTC）を用いた北米や欧州での実験結果に基づいているが、OTC 内の結果を外の圃場に適用してよいかどうか、不確かであった。本研究は、OTC を使わない実験を中国長江下流域で行い、その結果を用いてオゾンが農作物生産に及ぼす影響を推定することを目的とした。

中国江蘇省北部における地表オゾン汚染の実態

中国江蘇省北部は中国の主なコムギ・コメ栽培地帯の一つであるが、地表オゾン汚染の実態は調べられていなかったため、2007 年から 2011 年まで 5 年間観測を行った。その結果、100 ppb 前後の高濃度のオゾンが毎年 5 月と 6 月に頻繁に観測され、AOT40（40 ppb を閾値とするオゾン濃度の積分値）は、欧州で感受性の高い農作物に明確な影響を及ぼさないとされる水準を大幅に超過した。日中 7 時間のオゾン濃度は、6 月と 10 月にピークのある季節変化を示したが、解析の結果、春先の高濃度は、長江下流域の工業・都市地域からの輸送に加えて、華中平原東部での大規模な農作物収穫残渣の野焼きによること、夏季には海洋性気団の進入がオゾン濃度を低下させることなどが分かった。

開放系オゾン濃度上昇装置の開発

地表オゾンが農作物に及ぼす影響を解明するために、開放系オゾン濃度上昇装置 (FACE-O₃) を開発した。この装置は、100%酸素から生成したオゾンを加圧空気と混合後に、圃場の作物群落上に 8 角形状（差し渡し 14m）に配置したプラスチックチューブから、多数の小孔を通して高速で噴き出すことにより、何も囲いの無い圃場のオゾン濃度を上昇させることができる。2007 年から 2010 年まで、中国江蘇省江都市で行ったコムギの実験期間中のオゾン濃度制御結果は、1 分間平均オゾン濃度が 94% の割合で目標値の±20% 以内に、また 73% の割合で同じく±10% 以内と、十分な性能を示した。また、装置内のオゾン濃度の時間分布を外気のそれと比べた結果、この装置のオゾン濃度分布への影響は小さく、OTC のそれとほぼ同程度と見られた。

オゾンがコムギの収量に及ぼす影響のモデリング

欧州で開発されたコムギの気孔コンダクタンスモデルを、本研究の FACE-O₃ 実験結果と比較した結果、気孔コンダクタンスへの大気飽差の影響を小さくし、日射の影響を逆に大きく、そして温度の影響を省略するとよいことが分かった。次に、この気孔コンダクタンスモデルで推定したオゾン吸収量とコムギ収量との関係を解析したところ、閾値を 12 nmol m⁻² s⁻¹ とする直線モデルが良くあてはまった。また、実験に用いた中国のコムギ品種は、欧州の実験に用いられた品種よりも、同じオゾン吸収量でも減収程度が大きいことが分かった。

地表オゾン濃度上昇が中国とインドのコムギ生産に及ぼす影響の予想

上記で求めたオゾン吸収量とコムギ収量との関係を用いて、中国とインドにおける 2000 年と 2020 年の地表オゾンによるコムギの減収を推定した。推定には、対象地域全体のオゾン濃度を、従来よりも空間解像度の高い大気化学輸送モデルと、アジアに特化して開発された汚染物質放出インベントリ (REAS) を用いた。オゾン濃度に基づくドウス (AOT40) とオゾン吸収量に基づくドウス (POD_y) の両方で推定した結果、2000 年のコムギ減収率は、中国が 6-15%、インドは 8-22% であった。次いで、2000 年から 2020 年にかけてオゾン濃度が上昇した時の減収率の増大を予測したところ、オゾンドウス間の違いは小さく、中国で 8-9%、インドでは 5-8% と推定された。なお、オゾン吸収量に基づく減収率の推定は気象要素の影響を大きく受けるが、2000 年から 2020 年へのオゾン濃度上昇による減収率増加の推定結果には、ほとんど影響を及ぼさなかった。このように、現時点でのオゾンによる減収率は、推定方式によってかなり異なるが、現在から将来への減収率増加の推定は、どの方式でも大きく変わらないことが分かった。

以上の研究結果は、中国長江下流域の農業地帯における深刻な地表オゾン汚染の実態を明らかにするとともに、今後のオゾン濃度上昇により、世界の 2 大コムギ生産国である中国とインドのコムギ生産が減少する恐れが高いことを明らかにした。

このように、本論文がコムギの生産に及ぼす地表オゾンの影響を推定するために、開放系オゾン濃度上昇装置の開発を中心に、実際の圃場におけるコムギの収量に及ぼすオゾンの影響のモデルを開発したことは、学術上、応用上貢献するところが大きく、よって審査委員一同は本論文が博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認めた。