

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年6月1日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23780021

研究課題名（和文） 数種果樹に対するオゾン被害の抑制に関する研究

研究課題名（英文） Research on control of ozone damage to fruit trees

研究代表者

高田 大輔（TAKATA DAISUKE）

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号：80456178

研究成果の概要（和文）：ブドウ、モモ、イチジクにオゾン曝露処理を行った（150ppb・7h/1day・5days）。曝露処理により、葉に可視被害が発生するとともに個体光合成速度が低下した。収穫後に樹を解体し乾物分配を見たところ、根の乾物重がオゾン曝露により有意に低下した。台木品種の違いによるオゾン曝露の影響はなかった。オゾン曝露に1-MCP処理を併用したところ、可視被害の抑制みられなかった。積算日照量の高い葉で可視被害の程度が高かった。

研究成果の概要（英文）：Ozone exposure was performed to the grape, peach and fig trees (150ppb・7h/1day・5days). Visible ozone damage appeared in the leaf surface with the low photosynthetic rate. When the dry weight contents from trees under high concentration ozone and low concentration were compared at harvest, the former weighed less than the latter probably because it had fewer roots. There was no difference in the rootstock cultivar. The grade of visible damage was high at the leaf with high solar radiation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：園芸学・造園学

科研費の分科・細目：園芸学・造園学

キーワード：光化学スモッグ、モモ、光合成活性、農業気象学、ブドウ、果樹園芸学

1. 研究開始当初の背景

①研究の学術的背景

近年、対流圏における地表付近のオゾン濃度の上昇により農作物や森林樹木の生長や生産性が低下している（Olmasら、1998；Sandermannら、1997）。この事象はもちろん日本でも問題であり、1970代以降減少傾向にあった光化学オキシダント濃度が再び上昇し、注意報発令日数（120ppb以上で発令）も増加する傾向にある。光化学オキシダントの主成分はオゾンであり、その9割以上を占める。また、2010年夏季は全国的な高気温傾向であるとともに、光化学オキシダントの濃度も極めて高かった事は、一般的なニ

ュースでも大きく取り上げられた。野内・小林（1994）によると、関東地方におけるオゾンによる稲の減収率は最大で7%にも達しているとされている。しかしその主成分であるオゾンの植物に対する影響はほとんど知られておらず、可視被害や光合成同化能力の低下を引き起こすことなどがアサガオ、ダイズといった単年生植物やタバコのような感受性の極めて高い植物に関して調べられている程度である（野内、2001）。しかし国内での事例的研究は少なく、さらに果樹に関する報告は、曝露による被害葉の写真が示されている程度でほぼ皆無といっても過言ではない。このような背景には、果樹のような永年

性作物が、その栽培期間の長さから研究対象となりにくいことが挙げられる。しかし、果樹に対してもオゾンの被害が発生していることは容易に推測でき、その対策を行う必要があると考えるが、被害の程度や様相は明らかでない。数少ない果樹での資料の一つに、ブドウやカンキツ類では、500ppb・3時間程度の超高濃度条件下で可視障害が発生するという事例もある。そのような条件下では、他の感受性の高い作物同様、葉の表面の柵状組織の壊死を引き起こし白色斑点や漂白斑を生じる（第1図）。しかし、このような高



第1図 モモの葉のオゾン障害

濃度条件が、近将来の日本で突発的に起こることは考えにくい。一方で、可視被害が現れなくとも植物体の成長量が減少する事例も存在する(野内, 2001; Yamaguchi ら, 2008)。この点においては果樹を材料として行った調査は、少なく(高田ら, 2009, 2010), その成果としてイチジク・ブドウ・モモなどでもオゾン曝露は成長量に強い影響を及ぼしている事が明らかとなった。近将来の大気環境を想定すると、注意報の発令日数の増加や、日中平均濃度の上昇はおおおいに予想され、そのような条件下での植物の成長を把握するのみならず、その回避方法・防御方法の確立が急務である。

秋季の光合成産物の蓄積への同化不足は、翌年の開花、新梢の成長、果実の品質に大きな影響を及ぼす。応募者は、モモの生理障害の発生には前年の秋根の成長量が大きく関係していることを報告しており(高田ら, 2005), 果実の生理障害の発生にも、高濃度オゾンによる秋季の同化量の不足を通じて、間接的な被害を引き起こしている可能性もある。一方で、オゾン曝露による葉への酸化ストレスを正確に把握する際にエチレン等のいわゆる老化ホルモンの影響を除外して考えなければならない。しかし、成熟中の果実への1-MCPの影響は大きく、収穫果の正常な成熟を導けず、品質低下を招く恐れがある。他方、大気中のオゾン濃度はモモ中晩生品種の収穫後に当たる8月に置いても依然として高く、収穫後におけるオゾンの樹体に及ぼす影響を判定する必要がある。

2. 研究の目的

中高濃度条件下で中長期の間、オゾンに曝露することで注意報の発令日数が増加したことを想定し、若木期より結実可能なモモ、ブドウ及びイチジクのオゾンストレスの状態を把握するとともに、葉の生理機能や光合成産物の分配・転流の面から同条件下での乾物生産能力を明らかにする。加えて、モモとブドウを用いて収穫後の個体の葉への1-MCP気浴処理後にオゾン曝露を行うことで、夏秋季のオゾンによるストレスの低減が可能であるかを判断する。これらの事を調査することで、将来の光化学オキシダント被害の軽減策を確立するための基礎データを収集することを本研究の目的とする。本研究の期間内の解明目標は果樹3種の若木へのオゾン曝露が曝露後の個体成長、光合成速度といった生理活性や個体の乾物分配に及ぼす影響を明らかとする。次に1-MCPを用いて、オゾンによる酸化ストレスの低減策を検討する。さらにはブドウをもちいて、台木品種や日射量の違いがオゾンに対する可視被害に及ぼす影響を調査する。

3. 研究の方法

(1) オゾン曝露が光合成速度と樹体の部位別乾物重量に及ぼす影響：土壌容量6Lのポットで栽培しているモモ‘白鳳’（‘黄金桃’台3年生）を実験に供試した。3月10日に摘蕾を行い、およそ25芽に調節した。満開日は4月4日で、4月29日、5月19日に摘果を行い、1樹あたり8果実に調節した。新梢伸長停止後の6月9日に発育のそろった個体を20樹選び、環境制御型温室（昼/夜温：25/20℃、湿度60%）に搬入した。そのうちの10樹について、2日間温室に非曝露条件で馴化させたのち、6月11日よりオゾン発生装置（OES-10A）を用いて、温室内の日中（9:30～16:30）オゾン濃度を約150ppbに調節し、5日間同温室内で栽培し、オゾン曝露区とした。また、同期間中に通気口に活性炭フィルターを設置することで、オゾン濃度を10ppb以下に調節した同型温室に別の10樹を搬入し、非曝露処理とした。処理期間は曝露処理と同様である。なお、処理後2日間は、両処理とも非曝露条件で個体を栽培し、そののち屋外に移動し、収穫終了まで栽培した。測定項目：曝露処理終了直後と収穫後には両処理5樹について樹体を部位ごとに解体した。すなわち、果実、葉、新梢、旧枝、主幹、台木地上部、台木地下部、直径2mm以上の太根、直径2mm以下の細根に分けた。各部位、熱風乾燥器を用いて、乾燥した後乾物重を測定した。収穫果実については、果実重、果実の縦径、側径、横径を測定した。また、色彩色差

計を用いて果皮の‘L’, ‘a’, ‘b’を測定した後、果実を切断し、果肉の生理障害の発生率を求め、果実側面中央部の糖度を測定した。曝露処理開始前、処理開始2日後、処理終了1日後、処理終了1週間後、収穫1週間前、収穫開始前日(7月8日)に個体光合成速度を測定した。第8節位葉(新梢基部より8節目)の光合成速度、蒸散速度と気孔コンダクタンスを曝露処理開始前、処理開始3日後、処理終了8日後、15日後、収穫8日前、収穫開始2日前(7月7日)に測定した。個葉光合成速度は光合成測定装置(LCA-4)を用いて測定した。蒸散速度と気孔コンダクタンスはポロメータ(LI-1600)を用いて測定した。曝露開始時から葉面可視被害の程度を目視により確認した。

(2) 台木品種の違いがオゾン曝露下の樹体の成長に及ぼす影響: ブドウ‘ピオーネ’, ‘マスカットオブアレキサンドリア(以下‘アレキ’)を試験に供試した。両品種とも, ‘テレキ5BB’台と‘101-14’台の2台木に, 自根樹を合わせた3処理区を設けた。イチジクでは‘榊井ドーフィン’を用い, ‘榊井ドーフィン’, ‘リサ’および‘蓬莱柿’に接いた樹体を試験に用いた。曝露処理の方法は(1)と同様である。曝露後より, 葉の可視被害の程度を調査するとともに, 収穫終了後には, 鉢より5Lの土壌を根ごと抜き取りそこに存在する根の乾物重量を測定した。

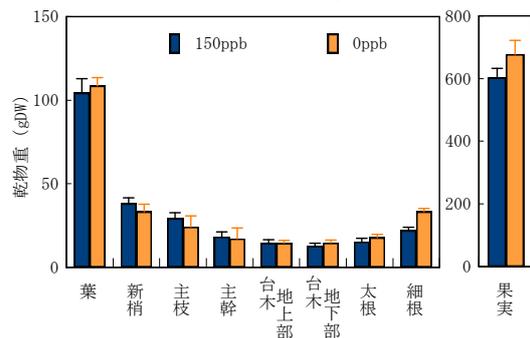
(3) ブドウに対する1-MCP処理によるオゾン被害の抑止可能性の検討: ブドウ‘ピオーネ’鉢植え樹を用いて, オゾン処理開始前日に, 1-MCP処理を併用して葉の可視被害に及ぼす影響を調査した。ブドウをアクリルチャンバ内に搬入後, 1-MCPを500または2000ppbの濃度でチャンバ内に発生させた。24時間の1-MCP気浴処理後に(1)同様の方法でオゾン曝露を行い, 曝露終了後の可視被害の発生を目視で確認するとともに, 蒸散速度と気孔コンダクタンスを測定した。

(4) オゾン曝露に対する日射量の影響: ブドウ‘ピオーネ’鉢植え個体4樹を用いて, 葉の日射量の違いが, 可視被害の発生に及ぼす影響を調査した。第3, 5, 7, 9, 13節の葉の表面, 両側にオプトリーフ(Y-1W)を設置した。その後(1)と同様の方法でオゾン曝露を行い, 葉の反面ごとにオゾンの可視被害の発生を見た。可視被害の発生と曝露期間中

の葉の日射量の関係を葉半面ごとに相関を取った。

4. 研究成果

(1) モモについて曝露終了直後に部位別乾物重を測定したところ, 曝露区と非曝露区の間には総重量や部位ごとの乾物重に違いはなかった。収穫終了直後に部位別乾物重を測定したところ, 細根を除く部位の乾物重は曝露区と非曝露区で差がなかった。一方で, 細根では曝露区の乾物重が非曝露区よりも有意に低かった(第2図)。曝露終了直後の曝露区の細根の乾物重は収穫後と比較した減少していた。収穫時の果実重は曝露区で非曝露区よりも有意に低かった。曝露区の果実側径



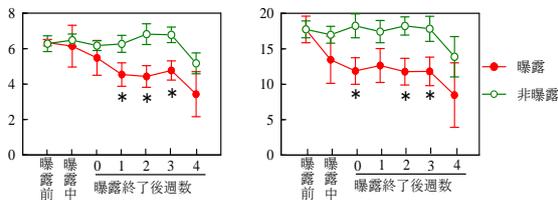
第2図 オゾン曝露がモモ‘白鳥’の収穫後の部位別の乾物重に及ぼす影響
バーはSE (n=4)

と横径が非曝露区よりも低かったが, 縦径には差がなかった。色彩色差計を用いて計測した果皮色を測定した数値である‘L’, ‘a’, ‘b’は曝露区と非曝露区で差がなかった。生理障害の発生率と果汁度は曝露区と非曝露区で差がなかった。

曝露処理開始前, 処理開始2日後と処理終了1日後の個体光合成速度は曝露区と非曝露区で差がなかった。処理終了1週間後, 収穫1週間前と収穫時の個体光合成速度は曝露区で非曝露区よりも有意に低かった(第4図)。曝露開始時から葉面可視被害の発生を調査したが, いずれの時期においても, 被害は目視では確認できなかった。第8節葉の光合成速度, 蒸散速度と気孔コンダクタンスは, 処理終了後よりオゾン曝露区で非曝露区よりも有意に低下し, その傾向は収穫期まで続いた。



第3図 オゾン曝露がモモ‘白鳳’の収穫果の外観に及ぼす影響
下・曝露処理



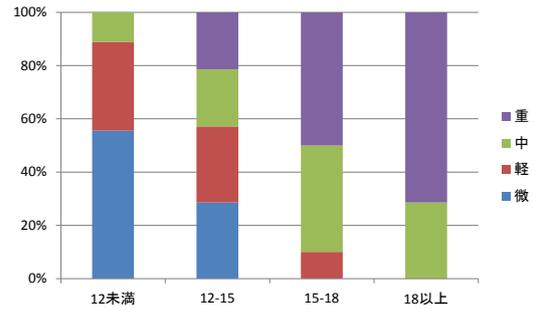
第4図 オゾン曝露がモモ‘白鳳’の個体光合成速度と個葉光合成速度に及ぼす影響
*：各日ごとに 5%水準で有意差あり，曝露中：曝露開始 3 日目
曝露処理終了後 3 週に収穫し，第 4 週には果実なし

(2) ブドウでは，台木の種類を問わず，葉の表面に可視被害が現れた．‘ピオーネ’では‘アレキ’よりも，根重量が多く，‘アレキ’でオゾン曝露による根含量の減少が大きい結果となった．しかしながら，台木品種の違いが葉の可視被害の程度や根重量の低下に及ぼす影響はなかった．イチジクでは‘蓬萊柿’に接いた樹体では，地下部乾物重量が他の台木とした品種よりも多かったが，曝露処理後の地下部乾物重の低下率は同程度であった．

(3) 1-MCP によるブドウに対するオゾンの可視被害の程度抑制はみられなかった．蒸散速度は，2000ppb の濃度の 1-MCP 処理において曝露後 3 日目のみ 1-MCP 未処理樹よりも高かったが，その後，いずれの処理においても差はなく，葉の生理機能に対する劇的な改善効果は見込まれなかった．

(4) 節位ごとによる，可視被害の程度は，下位節，すなわち古い葉ほど高かった．日平均日射量を日ごとに 12M/J² 未満，12-15，15-18，18 以上に分けて，それぞれの葉の可視被害の程度を 4 段階に分けて評価した所，12 M/J² 未満では，可視被害の程度が軽または，微の者の割合が高く，18 M/J² 以上では，重度

の葉の割合が高かった (第 5 図)．



第5図 オゾン曝露条件下でのブドウ‘ピオーネ’における，葉への日射量の違いが可視被害の程度に及ぼす影響

以上のことから，モモでは，オゾン曝露によって気孔コンダクタンスや光合成速度が低下しており，オゾン曝露による葉への障害に起因したソース能力低下がおこっていることが明らかになった．オゾン曝露により，樹体の総乾物重が低下し，特に地下部の乾物重は曝露直後よりも減少したことから，オゾンが樹体成長に及ぼす影響は，地下部に著しく現れることが明らかになった．細根での曝露直後よりの重量の有意な減少から，オゾン曝露は地下部への光合成産物の転流を抑制し，細根の発根と維持を阻害していることが推測される．オゾン被害の抑制に 1-MCP は有効ではなく，台木品種の影響も小さかった．葉への日射量の多い部位や葉では可視被害の程度が進みやすいことが明らかとなった．

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 1 件)

① 高田大輔・佐々木治人，オゾン曝露がモモの光合成速度ならびに乾物生産に及ぼす影響，2012，農業気象学会 2012 年全国大会講演要旨集，120

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高田 大輔 (TAKATA DAISUKE)

東京大学・農学生命科学研究科・助教

研究者番号：80456178