

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26600127

研究課題名(和文) オゾンを用いた土壌改良

研究課題名(英文) Ozone treatment of soil

研究代表者

光木 文秋 (Mitsugi, Fumiaki)

熊本大学・大学院先端科学研究部(工)・准教授

研究者番号：00398257

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：土壌を酸素プラズマで生成したオゾンによって処理した場合、土壌中の硝酸態窒素やアンモニア態窒素といった窒素栄養が増加することがわかった。また、土壌害虫である線虫に対するオゾンの効果が確認され、土壌中の線虫処理にオゾンが有効であることがわかった。また、実際のビニールハウス内の畝(11m)を処理可能な移動式オゾン拡散処理装置を開発し、実証実験を行った。その結果、オゾン処理を施した畝で栽培した二十日大根、ほうれんそう、小松菜はコントロールに対して成長が促進されることが確認された。

研究成果の概要(英文)：Treating agricultural soil by ozone, which can be generated by oxygen plasma, increased the content of nitrogen nutrient such as nitrate and ammonia nitrogen in soil. It was also found that ozone effectively worked to exterminate soil worm of nematodes even though they live in soil.

A movable ozone treatment system was developed to treat actual ridges in a greenhouse. The length of ridges was 11 m. Subsequently, the growth of radish, spinach, komatsuna cultivated at ozone treated ridges was enhanced due to the effect of the increased nitrogen nutrient.

研究分野：プラズマ工学

キーワード：オゾン 農業 土 線虫 窒素栄養

1. 研究開始当初の背景

農業による土壌消毒は土壌病原菌由来の植物の病気を防ぐために不可欠とされている。しかし、特に根菜類の根や土壌中における残留農薬の人体への影響が危惧されている。また、野菜などの大量生産のための窒素栄養肥料の過剰供与により、根から吸収されず地下水に溶け出した発癌性硝酸窒素の濃度上昇が顕著になってきており、地球規模で窒素循環のバランスが崩壊しつつある。

酸素プラズマから生成されるオゾンガスを土壌処理に用いようとするに至った理由は究めてシンプルである。オゾンガスは、

- ・放電プラズマにより効率よく安価に作り出せること。

- ・地球上で自然に生成されている類のガスであること。(酸素から生成できる。)

- ・自然に酸素に戻るため、長期的残留の心配が不要。(臭化メチルのような残留毒性の問題がない。)

- ・酸化力が究めて強いため、殺菌効果がある。(写真のように土壌中のDNAも完全に分解できる。)

- ・土壌中の10%程度を占める有機物を酸化することで植物に必要な無機窒素栄養を瞬時に作り出す可能性を持っている。

これまでのオゾンガスの環境応用に関する文献を調べてみると、ウイルス、虫、植物単体への低濃度オゾンガスの影響を調査したものがほとんどである。しかしながら、実際の環境ではそれらは土壌を介して共存しており、高濃度オゾンによる土壌消毒に期待が寄せられている。

2. 研究の目的

農業における農薬の過剰供与による土壌中の残留農薬問題とそれに起因する地下水の発癌性硝酸窒素汚染の悪循環を断ち切るために、オゾンガスによる土壌病原菌の駆除と土壌有機物の高速分解による無機窒素栄養化を目的としている。土壌中のDNA・高分子・病原菌に対するオゾンガスの分解・殺菌・滅菌能力およびその結果生成が期待されるアンモニア態窒素、硝酸態窒素等の植物に必要とされる無機窒素栄養生成について基礎研究を行い、実際の圃場に応用するための具体的な施設・プロトタイプを作製することが目標である。

3. 研究の方法

(1) 線虫に対するオゾンの効果

処理対象の線虫をNGM培地(1.3g)に1匹のせ、密閉容器内に入れる。オゾナイザ(リガルジョイント社OZ100空冷式、または野村電子工業社製)にNGM培地を入れた密閉容器に接続してオゾンを注入し処理を行う。オゾン処理中の線虫の様子を顕微鏡(SATOTECH社製LCDデジタルマイクロスコープMJ-38)でビデオ撮影し、オゾンの線虫への作用と線虫

の挙動を確認する。オゾン濃度条件は、低濃度(3g/m³)、中濃度(10g/m³)、高濃度(32g/m³)とし、すべての濃度において酸素流量は1.0L/minとした。オゾン水処理実験と同様に、各濃度条件下で30サンプルずつ、合計90サンプルを処理した。各濃度30サンプルずつを処理する理由としては、統計評価の信頼度を確保するためである。それぞれ1サンプルずつの処理時間を計測し、個体差を比較した。本実験における処理時間は、オゾナイザのスイッチをONにしてから線虫の動きが完全に停止するまでの時間と定義し、撮影したビデオを解析して生死評価を行った。

(2) オゾンによる土壌中の線虫処理

土壌へのオゾン注入率を変化させ、それぞれの注入率における線虫の処理率を算出した。本実験でのオゾン注入率は、土壌(20g)に対して発生させたオゾン量の割合である。オゾン注入率は、0.05%(処理時間18秒)、0.1%(処理時間36秒)、0.5%(処理時間3分)、5%(処理時間30分)の4つとした。各注入率でコントロールの土壌サンプルを10サンプル、オゾン処理の土壌サンプルを10サンプルずつ作成し、それぞれのサンプルから得られた線虫の数を合計、コントロールサンプルの合計とオゾン処理サンプルの合計を比較することでどの程度線虫が処理されたかを確認する。この理由としては、黒ボク土におけるベルマン法ではサンプル毎の採取率を厳密にコントロールすることは不可能であり、黒ボク土中の線虫の分布も一定ではないためである。サンプル数を多くすることにより線虫採取の誤差を少なくした。

(3) 移動式オゾン処理装置によるビニールハウス内の畝の処理と植栽実験

図1に示す移動式オゾン拡散装置を開発した。図2に示すビニールハウス内の畝(11m x 1m)をオゾン注入率0.8g/m²および2.3g/m²にて処理した。その後、小松菜、ほうれん草、二十日大根の種を植え、それぞれの成長を観察した。

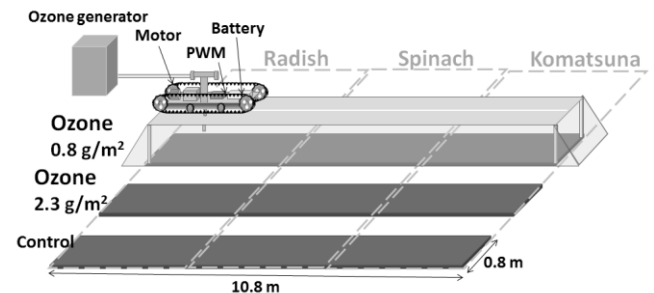


図1 ビニールハウス内の畝のオゾン処理

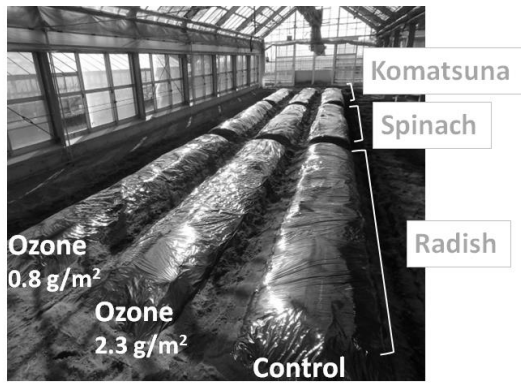


図2 ビニールハウス内の様子

4. 研究成果

(1) 線虫に対するオゾンの効果

図3は異なる濃度のオゾンガス中における線虫の死亡数とオゾン照射時間との関係を調べたものである。オゾン濃度の上昇に伴い線虫の処理に必要とされる照射時間が短縮した。これは、オゾンが線虫の気門から体内へ拡散されるためであると考えられる。

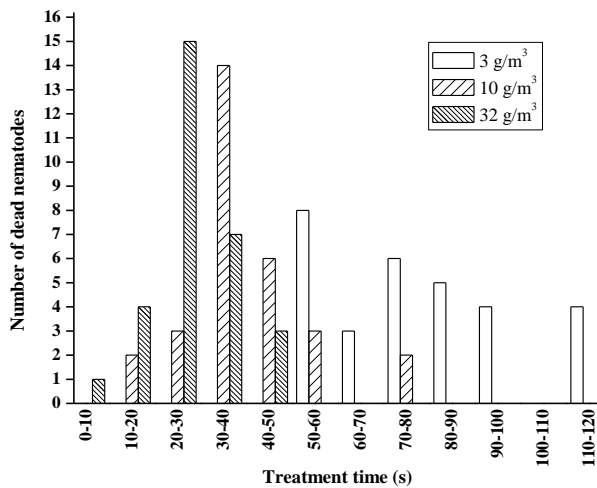


図3 オゾンガスの照射時間と線虫の死亡数との関係

(2) オゾンによる土壌中の線虫処理

表1に示すように、オゾン処理は土壌中の線虫処理にも有効であることがわかった。オゾン注入率 0.05%、0.1%、0.5%、5.0%における線虫の生存率はそれぞれ 67.2%、48.2%、12.8%、0.9%であり、生存率は注入率に対し指数関数的減少を示した。

オゾン注入率 0.5%程度であれば、他の有益な土壌微生物への影響を最小限に抑え、ターゲットを処理できると考えられる。

表1 土壌への各オゾン注入率における線虫の生存率

	Control		Ozone 0.05 %		Ozone 0.1 %		Ozone 0.5 %		Ozone 5.0 %	
	160	81	142	64	107	13	36	1		
	150	123	109	61	122	23	51	2		
	137	123	126	41	132	9	97	1		
	243	89	232	121	79	5	32	1		
	107	118	154	93	103	6	138	0		
	114	93	113	89	300	32	126	0		
	133	38	141	21	59	5	44	0		
	98	70	154	43	69	25	44	1		
	209	187	133	41	159	18	103	1		
	102	54	92	99	92	20	151	0		
Total	1453	976	1396	673	1222	156	822	7		
Rate	67.2 %		48.2 %		12.8 %		0.9 %			

(3) 移動式オゾン処理装置によるビニールハウス内の畝の処理と植栽実験

ビニールハウス内の畝をオゾン処理した後すぐに、小松菜、ほうれん草、二十日大根の種を植えた。収穫時における小松菜の質量を計測した結果を図4に示す。オゾン処理後は、土壌中の有機物の分解により窒素栄養が増加することから、オゾン処理を施した畝で育った小松菜はコントロールに比べ成長が促進された。

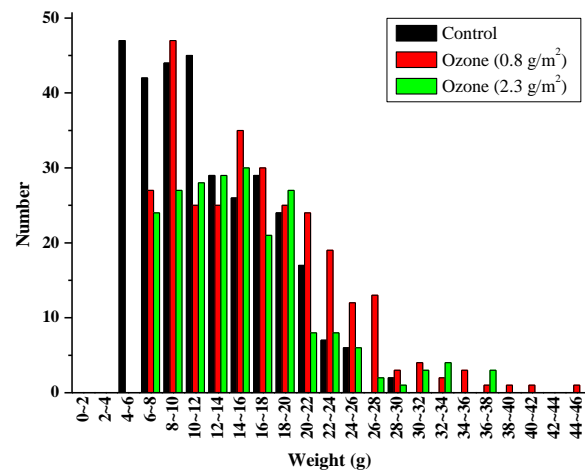


図4 オゾン処理を施した畝で栽培した小松菜の質量比較

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計7件)

①王斗艶, 光木文秋, 食の未来を支えるプラズマ技術～農業水産への高電圧・プラズマ利用～3. 植物生育促進への高電圧・プラズマ活用～直接刺激と環境制御～, 電気学会誌 136(12) (2016) 802-805 査読有

②F. Mitsugi, T. Abiru, T. Ikegami, K. Ebihara, S. Aoqui, K. Nagahama, Influence of Ozone Generated by Surface Barrier Discharge on Nematode and Plant Growth, IEEE. Transactions on Plasma Science 44(12) (2016) 3071-3076 査読有

[学会発表] (計20件)

①Tomoya Abiru, Akifumi Maeda, Tomoaki Ikegami, Fumiaki Mitsugi, Kenji Ebihara, Shin-ichi Aoqui, Kazuhiro Nagahama, Evaluation of insecticidal effect of ozone generated by surface discharge, The 1st International Conference on Hybridized Agriculture, Kumamoto, Japan, 21-24 October, 2016

②T. Abiru, F. Mitsugi, T. Ikegami, and K. Ebihara, Characteristics of soil treated with ozone generated by surface discharge, 22th International Symposium on Plasma Chemistry Antwerp, Belgium, 5-10 July, 2015

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計2件)

名称：オゾン発生噴射装置並びに背負い形オゾン消毒装置
発明者：蛭原健治, 光木文秋, 山下義隆, 中村憲仁, 橋本幸雄
権利者：株式会社サンワハイテック, 蛭原健治, 国立大学法人熊本大学
種類：特許
番号：I531410号
取得年月日：平成28年5月1日

国内外の別：国内

名称：臭気発生噴射装置及背負式臭気消毒装置

発明者：蛭原健治, 光木文秋, 山下義隆, 中村憲仁, 橋本幸雄

権利者：三和高科技股份有限公司, 蛭原健治, 国立大学法人熊本大学

種類：特許

番号：特許第5865570号

取得年月日：平成28年1月8日

国内外の別：台湾

[その他]

<http://www.ambiente.cs.kumamoto-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1)研究代表者

光木 文秋 (MITSUGI, Fumiaki)

熊本大学・先端科学研究部・准教授

研究者番号：00398257

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

長濱一弘 (NAGAHAMA, Kazuhiro)

崇城大学・生物生命学部・教授

研究者番号：50248605