

遠赤外線が植物生育に及ぶ影響

-夏わけぎ栽培の時 EM 及び生光石処理がわけぎの生育及び
抗酸化物質生成に及ぶ影響-

アンスンワオン (公州大学教授)

農業生産は植物の光合性で始めてそのエネルギーを窒素代謝に連結させることで、その原材料(CO₂+H₂O+光エネルギー)らは本来無料である。“無から有を作るのが農業” と言えば聞くことは良いが、経済行為としては効率がとても悪い。その理由は太陽エネルギーの利用率がとても低いからである。この問題を解決するためには総合的な手段で対応する必要がある。農業の生産水準を高めるためには植物の葉緑体が利用することができない可視光線と太陽エネルギー源の 80%近くを占める赤外線の利用,そして有機物(動植物のザンサ)を醗酵させて有機エネルギーで転換,再利用するなどの方法が要求される(ヒガ, 1991)。

また有機物を可溶化する醗酵菌 群 は植物が有機物を直接利用することができる環境を作り上げる能力がある。このように太陽エネルギーを直接・間接的に利用して、有機物を有機エネルギー(アミノ酸と糖類,各種活性物質)化して有効に利用する農業が必要である。

遠赤外線は植物根の水分子震動を高めて表面張力が大きくなって、幹中の管に水分子が上がる。そうなれば根は水を吸い上げる。根の水分子の震動が激しければ激しいほど水はしきりに上がる。そしてすべてのはっぱは含水量が多くなって、はっぱ中の含水量が多くなれば、はっぱの気空が開かれて水は蒸発する。水分子は遠赤外線を受ければ表面張力が大きくなり、したがって毛細管現象がよくなって、また代謝活動促進されて成長速度が早くなる(サノ, 2004)。

ゼオライト, 麦飯石, 生光石などは赤外線発生が比較的大きくて、共鳴役を持っているとか物理化学的に結合を切る力を持っている。ここでは生光石の特性をよく見れば、生光石粉末の赤外線発生スペクトラムは温度によって 20°C<40°C<50°C 順で温度が高くなるによって増加する傾向を見せし、20°Cの常温でも 0.8 位に高かったし、発生される赤外線の主波長は 800~1100 範囲である。

第1章 序 論

わけぎ (Wakegi) はなが葱 (*A. fistulosum* L.) と分区型たまねぎ (*A. ascalonicum* L., Shallot) を交雑親にする雑種木原の栽培植物として葉の野菜で利用する (コなど, 1993)。わけぎは染色体数は $2n=16$ で、波が錐台する頃に盛んに生長して種子は付けて植えて、夏に 鱗莖を形成して休眠して 鱗莖 による栄養繁殖を行う。

わけぎは鉄分, ビタミン A, C が豊かで 抗酸化物質が含んでいて老化を防止して各種料理に薬味用やキムチの漬け込み用で利用して春, 秋に短耕作野菜で利用している。現在多い農家では作形分化による連作栽培と肥料及び農薬の多量使用で品質低下, 生理障害の発生などの問題点が多く発生している。

生物は空気中の酸素を呼吸で水中に入れて有機物を酸化させて生命活動に必要なエネルギーを取り出しているが、その過程で少ないけれど有害な活性酸素と呼ばれる物質が出ることができる。この活性酸素は遺伝子の本体である DNA や細胞膜を作っている脂肪質分子を破壊するためにさまざまな障害を起こす。しかし活性酸素というのは事実上はさまざまな発癌性物質や環境汚染物質なおさら放射線や紫外線などでも発生するのである。ポーリフェノールと呼ばれる物質は植物に広く分布しているがその役目に対しては明確になっていない。植物は動物と違って太陽から紫外線などの影響をより受けやすいので活性酸素の消去物質をたくさん持っていることが必要である。(吉岡, 2000)。

最近、所得増加による生活水準の向上により食品の栄養学的側面で生体防御、疾病の防止及び回復, 老化抑制などの健康機能性に対する関心が増加されている。人間の疾病及び老化は改詞過程の中で発生して酸化反応に起因して、このような radical は体内地質, 蛋白質そして核酸のような物質の損傷を誘発する。したがって体内では有害な radical をとり除くために多くの酵素的、非酵素的反応が進行される (Fang など, 2002; Morrissey など, 1998)。

多くの研究に結果によれば果菜類などのような植物性食品を充分に取るのが老化引き延ばし及び心臓疾患, 動脈硬化, 癌, 糖尿などのような晩成疾患の予防と治療に役に立つことで明かされている

(Willett, 1994; slavin, 1997; Temple, 2000; Feskanich など, 2000)。

キムチの抗酸化性と抗酸化成分に関する研究が一部報告されている(Kang, 1994; Cho, 1993; Park, 1993)。キムチの薬味材料で唐辛子, わけぎ, ニンニク, 生姜は殆ど必須に添加される副材料である。唐辛子には β -carotene と ascorbic acid の含量が高くニンニクは ascorbic acid が多量に含有されているしニンニクの garlic oil は脂肪酸酸化要素である lipoxygenase の活性を阻害すると知られている。生姜は gingerone と shogaol などのようなフェノール性化合物を含んでいるし、わけぎの緑部分にはビタミン A と ascorbic acid が多くてキムチ副材料による抗酸化効果で大きく期待される(Lee, 1996)。

本の実験はわけぎの有効微生物製剤(EM)及び生光石(BLS)処理による有機農栽培で化学肥料及び農薬使用を減らして農家所得増大に寄与するために夏わけぎの生育と抗酸化生成物質を救命するために実験を実施した。

第2章 材料及び方法

2.1. EM 微生物製剤及び生光石試用がわけぎの生育に及ぶ影響

2.1.1 公示材料及び栽培管理

本の実験に使われた植物材料は済州島, 安眠島, 慶北エチョン, 全羅南道ムアン, 忠南エサンのわけぎ種を使ったし、種の平均重さはムアンは 3.2 ± 0.5 g 程度, 済州島, 安眠島, エチョンは 2.1 ± 0.3 g 程度だったし、エサンは 1.2 ± 0.2 g 程度のゾンググを使った。

EM(有用微生物)は EMRO で供給することを使ったし、生光石は韓国生光石(株)で供給する 1,200mesh の生光石を使った。包装試験は公州大学産業科学大学内ハウス試験包装で 2004 年 8 月 1 日から 2004 年 9 月 11 日まで株分け間 12cm ×ズル間 12cm に栽植したし、種まき前に包装全体に EM(有用微生物)と米糠で混合して醗酵させて作った醗酵堆肥(ボカシ)を 10a 当たり 400kg ずつ振り撒いて地を耕曆をしてくれた。また 10a 当たり 40kg ずつ振り撒いて地を耕曆をしてくれた。試験区配置は地域別無処理区と EM 及び生光石処理区に各マ 3 繰り返して実施した。

2.1.2 公示土壌

土壌診断で pH(酸度)と有効磷酸, 置換性陽イオン, EC(電気伝導度)をわけぎの種まき前と種まき後に試験区別で土壌の表面を適当な大きさを 20cm 程度深みまで掘って処理区別に 3 部分の土を採取して実験室で陰地で乾燥した後測定した。

種まきの前包装の pH は 5.7 引き継いだしこのような酸度は適当な水準で作物栽培においては相応しい数値だった。有機物含量は基準値より低い数値を現わしたし, 有効磷酸は相応しい数値だったし, 置換性陽イオンの数値は K と Ca は相応しい数値だったが Mg は基準値よりちょっと高く出たし, EC は 2.05dS/m で基準値よりちょっと高かった。

Table 1. Soil component of experimental field.

	pH (1:5)	OM ^z (g/kg)	Av. P205 (mg/kg)	Ex. (cmol+/kg)			EC (dS/m)
				K	Ca	Mg	

zOM : Organic material.

2.1.3 処理方法

(1) 灌水処理

灌水方法は点滴灌水を使ったし気温と土壌の乾燥にしたがってその状況に合わせて灌水をした。

(2) 遮光処理

遮光処理は市中で販売されている黒色有孔フィルム(12cm ×12cm)で地面の温度を低めしたし, 遮光幕を利用してハウスの天井の上を覆ってハウス内の温度を低めしたし温度が高くなった場合には換気処理をして温度を低めた。 気温が少し下がった 9 月 1 日で収穫日である 9 月 11 日までは遮光幕を抜いて処理した。

(3) EM 微生物製剤及び生光石処理

試験区は EM(微生物製剤醗酵活性液)及び生光石処理区と無処理区の 2 試験区

を設置した。種まきの前に栽培する全体包装に EM(固体微生物製剤:ボカシ)及び生光石を土壌によく交ぜてくれたし、種まき後には種グに芽が出た時から EM 微生物製剤 500 倍液を水に希薄して噴霧器で 3 日に一度ずつ葉面散布を実施したし対照区は EM 微生物製剤のような量の水を葉面散布した。

2.1.4 生育調査

実験終了日である 9 月 11 日に生体重と乾物重を測定した。生体重測定は測定の誤差を減らすために収穫後すぐ測定した。乾物重の測定は Dry oven から 70°C に 48 時間の間乾燥後測定した。

統計処理は SAS(SAS Institute, Cary, N.C.)を利用して Duncan の多重検定(DMRT, Duncan multiple range test)によって 5%水準で有意性を検定した。

実験 2. 抗酸化物質生成に及ぶ影響

2.2.1 公示材料

本の実験に使われた材料は DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical を利用した電子供与能方法を選択したし、これは DPPH の濃い青色が還元される事によって脱色されて吸光度が減少する原理を利用したことである。分析は忠南農業技術院の精密実験室で紫外-可視分光光度計(Spectro Photometer)を利用して測定した。

2.2.2 実験方法

抗酸化測定をするための電子供与能は Leong など(2002)の方法を変形して行ったし、抗酸化の生成位を簡単に分かるためにこの方法を選択した。

種グ別に収穫したわけぎ(EM 処理区及び生光石と無処理区) 100g に水(蒸溜水) 100 mlを大きい具が出ないように小さく破碎して出た液体を濾過紙に濾過した後、出た濾過液と DPPH 粉剤 0.02g と 95%のエチルアルコール 230g を混合して作った DPPH 溶液(非添加区)を持って DPPH 溶液 0.8 mlとわけぎ濾過液 0.1 mlを混合(試料添加区)して正確に 30 分を放置した後、反応溶液の吸光も変化を紫外-可視分光光度計(Spectro Photometer)を利用して 525nm で非添加区と試料添加区の吸光度の差を 3 回繰り返して実験した。

2.2.3 反応調査

非添加区に各地域処理区別濾過した溶液を交ぜて反応された液(試料添加区)を非添加区と一緒に紫外-可視分光光度計に入れて測定, 非添加値より低い数値の値を持って抗酸化物質の生成で見てこれを調査した。

第3章 結果及び考察

実験 1. EM 微生物製剤及び生光石試用がわけぎの生育に及ぶ影響

3.1 土壌変化に及ぶ影響

土壌 pH は無処理区と EM 及び生光石処理区でそれぞれ 5.9, 5.8 を現わしたし。有機物は無処理で 0.6g/kg, EM 及び生光石処理区で 0.9g/kg を現わした。有効リン酸は無処理区で 135mg/kg で EM 及び生光石処理区は 105mg/kg だった。置換成様イオンは無処理区で K は $0.14\text{cmol}^+/\text{kg}$, Ca は $4.3\text{cmol}^+/\text{kg}$, Mg は $1.5\text{cmol}^+/\text{kg}$ で、EM 及び生光石処理区では K が $0.5\text{cmol}^+/\text{kg}$, Ca は $5.0\text{cmol}^+/\text{kg}$, Mg は $1.7\text{cmol}^+/\text{kg}$ だった。EC(電気伝導度)は無処理区で 1.49dS/m であったし、EM 及び生光石処理区では 0.59dS/m だった(Table. 2)。

催など(2004)は作物生育に必要な土壌の pH は 5.5~7.0、有機物は 25~30、有効リン酸は 80~120、置換性壤夷来た途中 K が 0.25~0.30、Ca は 5.0~6.0、Mg は 1.5~2.0、EC(電気伝導も)の最適範囲は 0.4~0.7 と言っている。EC が最適範囲より低ければ肥料糞が少なくて生育が不良でとても高ければ肥料濃度が過度で生育障害が起きると報告した。

これを見ると無処理区の土壌は pH, Mg は適当だったが、有機物、有効リン酸、K, Ca, EC は適正範囲より低いとか高いことを分かった。EM 及び生光石処理で土壌は pH, 有効リン酸, Ca, Mg, EC が適正範囲と同じで有機物と K が適正範囲より低かったが、EM 製剤及び生光石迦作物が生育するのに適当な土壌で作ってくれる役目をするということが分かる。しかし短耕作期栽培としてははっきりと決めるには難しいからもっと研究が必要であると思われる。

Table 2. Soil component of experimental field after this experiment.

	pH (1:5)	OM ^z (g/kg)	Av. P205 (mg/kg)	Ex. (cmol+/kg)			EC (dS/m)
				K	Ca	Mg	
Nothing treatment	5.9	0.6	135	0.14	4.3	1.5	1.49
EM & BLS treatment	5.8	0.9	105	0.15	5.0	1.7	0.59

zOM : Organic material.

3.2 生体重と乾物重に及ぶ影響

実験地域であるエサン地域わけぎを基準にして比べた結果、無処理区では生体重が済州島, 安眠島, エチヨン, ムアン地域がエサン地域よりそれぞれ 0.6%, 15.5%, 27.5%, 47.2%増量したし、乾物重は生体重と殆ど似ている水準に増量されたし、EM 及び生光石処理区では済州島, 安眠島, エチヨン, ムアン地域がエサン地域より 27.4%, 22.3%, 31.5%, 51.4%増量したし、乾物重は生体重と同じく殆ど似ている水準で増量した。無処理区と EM 及び生光石処理区の差を見れば全般的に EM 及び生光石処理区が無処理区より生体重と乾物重が増加した結果を現わした (Table 3)。

各処理区の平均を見れば無処理区の生体重は 118.2%, 乾物重は 118.7%, EM 及び生光石処理区の生体重は 126.5%, 乾物重は 125.1%だった。各処理区別生体重と乾物重の割合が殆ど似ている割合で現わした。

EM 及び生光石処理が生体重と乾物重に及ぶ影響は有意性が認定にならなかったが、オなど (2000) が実験した結果に似ている結果を現わした。実験 1 では EM 及び生光石処理が種グに及ぶ影響には無処理区と別に差がなかったが、身の丈と重さの影響においては少し高い傾向を見せた。夏わけぎという短時日の栽培で及ぶ影響だから EM 及び生光石処理の傾向を明らかに分析することができなかったが、これから EM 及び生光石処理に関する全般的な研究が続いて進行されて多くの角度での再解析が必要なことと考えられる。

Table 3. Effects of EM treatment on fresh weight and dry weight.

Area	Total fresh weight (g)	Percentage against control (%)	Total dry weight (g)	Percentage against control (%)
Average	62.0	118.2	5.3	118.7
N. ^x Yesan ^w	52.5c ^z	100.0	4.5c	100.0
N. Jejudo	52.8c	100.6	4.6c	102.2
N. Anmyondo	60.6bc	115.5	5.3bc	117.8
N. Yecheon	66.9ab	127.5	5.8ab	128.9
N. Muan	77.3a	147.2	6.5a	144.4
Average	68.1	126.5	5.9	125.1
E. ^y Yesan	53.8b	100.0	4.7a	100.0
E. Jejudo	68.5ab	127.4	5.9a	125.5
E. Anmyondo	65.8ab	122.3	5.6a	119.1
E. Yecheon	70.8ab	131.5	6.1a	129.8
E. Muan	81.5a	151.4	7.1a	151.1

wYesan : Control

xN : Nothing treatment

yE : EM & BLS treatment

zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

実験 2. 抗酸化物質生成に及ぶ影響

DPPH 法はトコフェロール, アスコロビンサン, polyhydroxy 芳香族化合物、芳香族アミン類によって還元されて濃い紫が脱色される程度を抗酸化物質の電磁供輿能で知られている (Blois, 1958)。

EM 及び生光石処理がわけぎの抗酸化物質生成に及ぶ影響を DPPH による電磁供輿能を測定した結果 Table 4 のようだった。

非添加区の O.D (光が溶液を透過する程度を測定) 値 2.704 を基準にして済州島地域の無処理区は 1.981 で EM 及び生光石処理区は 1.690 だった。安眠島地域は無処理区が 1.957 で EM 及び生光石処理区は 1.723, エチョン地域は無処理区が 1.945 で EM 及び生光石処理区は 1.731、ムアン地域は無処理区が 1.934 で EM 及び生光石処理区は 1.638、エサン地域は無処理区が 1.977 で EM 及び生光石処理区は 1.673 だった。

これを持って試料添加区と 非添加区の吸光度の吸光度差を百分率で表示した電子 電磁供輿能の公式は下のような式によって現わして結果は Table 8 と Fig 1 のようである。

$$\text{EDA}(\%) = (1-A/B) \times 100$$

A: 抽出物を入れた時の吸光度値

B: 抽出物代わりに同量エチルアルコールを添加した時の吸光度値

濟州島地域は無処理区が 27%で EM 及び生光石処理区は 38%であったし、無処理区より 11%が増加した。安眠島地域は無処理区が 28%で EM 及び生光石処理区は 36%であったし、無処理区より 8%が増加した。エサン地域は無処理区が 28%で EM 及び生光石処理区は 36%であったし、無処理区より 8%が増加した。ムアン地域は無処理区が 28%で EM 及び生光石処理区は 39%であったし、無処理区より 11%が増加した。エサン地域は無処理区が 27%で EM 及び生光石処理区は 38%であったし、無処理区より 11%が増加した。

各処理区の平均を見れば無処理区が 28%を現わしたし、EM 及び生光石処理区は 37%を現わした。

催(2000)の報告によると白菜には 35%, 唐辛子 24%, ニンニク 24%の抗酸化活性物質が生成されると言っているが、無処理区のわけぎには平均 28%位の抗酸化活性が起きて EM 及び生光石処理の時、平均 37%位の抗酸化活性が起きた。わけぎが EM 処理をしなかった時には白菜の抗酸化性より低かったが EM 及び生光石処理をした時には高かったという事実が分かった。

この結果で見て実験 1 では EM 及び生光石処理が産地別に種グの大きさ及び長さ、重さには大きい影響を見せなかったが、わけぎの抗酸化物質生成に影響力があるというのが分かった。EM 及び生光石処理区が無処理区より平均 9%位の抗酸化活性が起きることが分かった。すなわち対照区に比べて抗酸化活性対備率はエサン地域が 41%, 濟州島地域 41%, 安眠島地域 29%, エチオン地域 29%, ムアン地域 39%増加したし、平均的に 32%増加した。

Table 4. Effects of EM treatment on antioxidative activity.

(Control 0. D : 2.704)

Area	Nothing treatment		EM & BLS treatment		EB/N (%)
	0. D ²	Percentage against (%)	0. D	Percentage against (%)	
Average	1.959	28	1.691	37	132
Yesan	1.977	27	1.673	38	141
Jejudo	1.981	27	1.690	38	141
Anmyondo	1.957	28	1.723	36	129
Yecheon	1.945	28	1.731	36	129
Muan	1.934	28	1.638	39	139

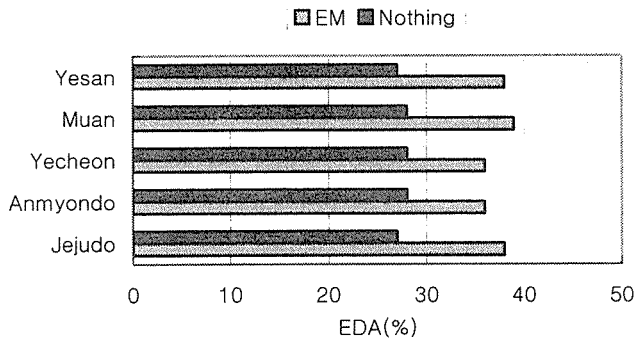


Fig 1. Antioxidative activity of Allium wakegi Araki.

第4章 結果及び要約

■ 夏わけぎ栽培の時、EM 及び生光石処理がわけぎの生育及び抗酸化物質生成に及ぶ影響

1. 土壌 pH は無処理区と EM 及び生光石処理区で適正基準値を見せたし、EM 及び生光石処理区の土壌は pH, 有効リン酸, Ca, Mg, EC が適正範囲と同じく有機物, K が適正範囲より低かった。

2. 無処理区と EM 及び生光石処理区の差を見れば、全般的に EM 及び生光石処理区が無処理区より生重量と乾重量が増加した結果を現わした。
 3. EM 及び生光石処理がわけぎの抗酸化物質生成に影響力があるというのが分かったし EM 及び生光石処理区が無処理区より平均 9%位の抗酸化活性が起きることが分かった。すなわち対照区に比べて抗酸化活性対備率は平均的に 32%増加した。
- 遠赤外線エネルギーは水分子間の結合である水素結合エネルギーより大きいので、遠赤外線の調査で水分子間の水素結合が切断すると見ているし、短くて容積が少ない水の分子集団になって、有害ガスや汚染物質が体外に排泄されて、少ない水分子集団の水分子が細胞膜に付着、侵透性が増進されて酸素や栄養素の供給などで、生体が元気な状態になる(サノ, 2004)。

参考文献

- 呉ジュソン、李ゾンソン、姜キョンヒ、金ヘエタエ、ゾンワンボック、ゾンスンゼ、
2000. 栽培地域差異による微生物醗酵堆肥の施用効果
- 催ゾンミョン、李ヨンボク、2004. いちご施設栽培土壌及び是非管理
- 催ホンシク、ファンゾンヒ、2000. キムチ及びキムチ材料の抗酸化機能性
- 比嘉照夫. 1991. 微生物の農業利用と環境保全-醗酵合成型土壌と作物生産-
- 比嘉照夫. 2003. <新世紀> EM 環境革命-EM 技術と超循環型社会への道すじ-
- 高官達, 朴尚根, 李応鎬. 1993. 夏節期養液栽培わけぎの生育に及ぶ遮光, 培地の種類
及び養液濃度の影響. 農業論文集 35:71-79
- 佐野 洋, 2004, 遠赤外線セラミックス 処理水の物性解析と利用技術, 日韓遠赤外線シ
ンポジウム 10:121-130
- 吉岡寿. 2000. 静岡県立大学 環境科学研究所
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free
radical. Nature, 26, 1199~1204
- Cho, Y.S., Park, S.G., Jun, S.S., Moon, J.S. and Ha, B.S. 1993. Proximate
sugar and amino acid composition of Dolsan leaf mustard, J.
Korean soc. Food Nutr., 22, 48~52

- Fang YZ, Yang S, Wu G. 2002. Free radical, antioxidant, and nutrition. *Nutrition* 18: 872~879.
- Feskanich D, Ziegler RG, Michaud DS, Giovannucci EL, Speizer FE, Willett WC, Colditz GA. 2000. Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *Journal of the National Cancer Institute* 92: 1812~1823.
- Kang, S.G., Sung, N.G., Sin, S.C., Su, J.S., Choi, G.S. and Park, S.G. 1994. Screening of antimicrobial activity of leaf mustard (*Brassica juncea*) extract. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 23, 1008~1013
- Lee, Y.O. 1996. Studies on the antioxidative characteristics and antioxidative substance of kimchi. Ph D. Dissertation, Pusan National University
- Leong LP, Shui G. 2002. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chemistry* 76: 69~75
- Morrissey PA, O'Brien NM. 1998. Dietary antioxidant in health and disease. *Int Dairy Journal* 8: 463~472.
- Park, S.G., Cho, Y.S., Park, J.R., Jun, S.S. and Moon, J.S. 1993. Non-volatile organic acids, mineral, fatty acids and fiber compositions in Dolsan leaf mustard (*Brassica juncea*). *J. Korean soc. Food Nutr.*, 22, 53~57
- Slavin JL, Jacobs D, Marquart L. 1997. Whole-grain consumption and chronic disease: protective mechanism. *Nutr Cancer* 27: 14~21.
- Temple NJ. 2000. Antioxidants and disease: more question than answers. *Nurt Res* 20: 449~459.
- Willett WC. 1994. Diet and health: what should we eat. *Science* 254: 532~537.