

《原著》

ミネラルを高濃度に含有する野菜づくりの試み

田村 明* 牧原 一菜* 増野 衣美* 松井 春夫**

要旨

高齢者は加齢に伴い、身体的・精神的・社会的に健康に変化を生じやすく、様々な機能障害から、体に必要な栄養量を摂取することが困難になり、低栄養状態に陥りやすい。これを防ぐためには、少ない食事量からでも効率的に栄養を摂取することが重要であると考えられる。本研究では、ミネラル豊富な肥料を使用し、ミネラルリッチな野菜づくりを試みた。得られた結果は次の通りである。

①ミネラル豊富な肥料（JM-7）を施すことにより、小松菜のミネラル含量は市販のそれよりも高くなることがわかった。しかし、ミネラル含量が高い肥料を使用しても、栽培土壌中に含まれるミネラル含量が高ければ、土壌の影響の方が大きくなることがわかった。

②全く同じ条件で栽培した野菜でも、種類（小松菜とほうれん草）によりミネラル含量が異なったことから、野菜の種類により土壌からの吸収効率が異なるものと考えられる。

③塩茹でした小松菜の官能検査の結果から、カルシウム含量が高い小松菜はあと味が好ましくなくなることがわかった。調味料その他で味付けすることが必要と思われる。

当初目的とした、ミネラルリッチな野菜づくりの第一歩は達せられた。今後、成長時における野菜のカルシウムとマグネシウムの土壌からの吸収にそれぞれの野菜特有のパターンがあるのかどうか、またマグネシウムリッチな野菜を作る方法があるのかどうか、今後の研究につなげていきたい。

索引用語 野菜栽培、カルシウム、マグネシウム、栽培肥料、小松菜

はじめに

21世紀は、地球全体が高齢社会になりつつある時代である。地球規模で見れば地域差はあるものの、目覚ましい医療技術の発達、新薬の開発、食料生産技術の発展、情報伝達の俊敏さ、その他のプラス要因が影響して、人類の平均寿命は長くなりつつあるものと考えられる。その一方では、地球規模的な環境問題が顕在化し、地域的異常気象の発生、地球温暖化、大気汚染、人口増加による食料不足な

ど人類の寿命を縮める要因も多発している。

管理栄養学の立場からこのような現状を眺めるとき、寿命が延びたとしても、人間は、所詮は従属栄養生物（ヘテロトロフ）であることに変わりはなく、自身で栄養を賄うことができない以上、いかに楽しく食事を取り、健康を維持し、長く生きて少しでも社会に貢献することができるかを考えてしまうものである。もろもろの環境問題に打ち勝って、食料の生産活動を高めていく新しい技術の開発や精神的かつ実利的に効果のある食料の改良

*名古屋学芸大学 管理栄養学部管理栄養学科
**中西学園 名古屋環境建設専門学校

は、このような世代の中でわずかながらでも社会に貢献できる道であると考えられる。

日本は世界一の長寿国、高齢社会となり、今や人口の約20%が65歳以上であり、2025年には約30%を占めると予測されている。高齢者は増加する一方であり、今後3人に1人は65歳以上であるという超高齢社会が、近い将来訪れようとしている¹⁾。高齢社会の日本を支えていくためには、国民1人1人が正しい食生活や運動などの生活習慣を身につけ、健康管理に留意し、更に老後での自立した生活が送れるような身体を作り、それによる寝たきりや要介護を減らし、健康寿命を伸展していくことが重要だと考えられる。

しかし、高齢者は加齢に伴い、身体的・精神的・社会的に健康に変化を生じやすく、様々な機能障害から身体に必要な栄養量を摂取する能力が低下してくると考えられる。結果的に摂取量不足となり低栄養状態に陥りやすい。少ない食事量からでも効率的に栄養を摂取することができれば、このような状態を少しは改善することができると考えられる。

私たちは、体内で重要な役割を果たしている微量栄養素のカルシウム (Ca) とマグネシウム (Mg) に着目し、これらのミネラルを通常以上に含有する野菜づくりを試みた。その基本となるものは、松井²⁾ が提唱している「Sekisho-Mechanism」を応用したものである。すなわち、これまででもっぱら樹木の樹勢回復、治療のために考案された植物液体肥料 JM-7³⁾ を、ミネラルリッチな野菜づくりに応用しようとするものである。樹木でも野菜でも生理栄養学的な根からのミネラル吸収機構は共通なものであるとの認識に基づいている。

実験方法

1. 野菜の栽培

(1) 栽培環境

1) 中西学園の名古屋環境建設専門学校の屋上 (地上18m (6階) - 21m (7階)) に設置したプランターおよび圃場にて、栽培した。

2) 同屋上には雨水をタンクに貯水し、一

定時間になると自動散水するシステムがあるため栽培中はこの雨水と水道水を利用した。週2~3回同所を訪れ、観察や肥料の散布、水やりを行なった。

(2) 使用した野菜の種と使用した土および肥料

1) 使用した種

ほうれん草と小松菜の種は、(株)アタリヤ農園の「最高種一代交配ストロング春蒔きほうれん草」と「最高種こまつな」を使用した。

2) 使用した土と肥料

使用した土 (表1) および肥料 (表2) を以下にまとめた。

(3) 栽培スケジュール

・第1回目栽培 (42日間)

種まき 4月14日 収穫 5月26日

・第2回目栽培 (25~28日間)

種まき 5月26日 収穫 6月23日

・第3回目栽培 (35日間)

種まき 6月23日 収穫 7月23日

2. 野菜や肥料などの Ca・Mg 含量の測定⁴⁾

(1) 乾式灰化法による試料溶液の調製

1) 野菜

蒸留水を含ませたキッチンペーパーで野菜の汚れを丁寧に拭きとり、根元5mm程度を除去した。株元の異なる数本の野菜を根元から葉の先端にかけて3等分し、それぞれの画分をさらに1~2cm幅にカットした。3画分からほぼ同量採取し、均一になるよう混合した (縮分採取)。縮分採取した約100gの試料中から5gをとり、これを分析試料とした。分析試料をルツボに入れ、ふきこぼれないように直火で加熱し、部分灰化させた。その後、電気マッフル炉 (SHIMADZU SAMF-20D) に入れて550℃に達してから5~6時間保持して灰化させた。放冷後、蒸留水で灰を湿らせてから20%塩酸溶液5mlを加えて灰を溶解させ、ホットプレート上で加熱して、蒸発乾固させた。1%塩酸溶液約5ml加えてホットプレート上で加熱しながら残留物を溶かし、ろ過した (ADVANTEC 東洋 (株) のろ紙 No 6)。この操作をさらに4回繰り返したのち、1%

表1 本実験で使用した土

種類	特徴
①赤玉土	赤っぽい色をしている。これは、土に含まれている Fe_2O_3 (酸化鉄) の量が他の土より多いため。保水性、通気性はよいが、栄養分はない。大粒、中粒、小粒があり使用したものは小粒である。
②鹿沼土	黄色っぽい土。火山噴出物の軽石質砂礫の風化した土壌。栃木県鹿沼地方に産するところからこの名前がある。保水性、通気性はよいが、栄養分はない。
③腐葉土	落葉が堆積し、分解腐熟したもの。または人工的に広葉樹の落葉を堆積して腐熟させ、土壌化したもの。クスギ、コナラ、ブナ、ケヤキ、シイ、カシなどの落葉が使われる。

表2 本実験で使用した肥料

①液体肥料 「ハイポネックス」	植物の健全な生育に必要な15種類の栄養素をバランスよく含み、窒素、カルシウム、微量元素を強化した液体肥料。植物の花着き、花・葉色を良くする効果がある。
②合成化学肥料 「花壇プランターの肥料」	チッ素、リン酸、カリの主成分がバランスよく含まれている被覆複合肥料である。臭いがなく虫が発生しにくい。
③ミネラルを高濃度に含む 液体肥料 「JM-7」	松井 ³⁾ が考案した肥料であり、植物や野菜が、ミネラルを吸収しやすいように作られ、ミネラルを高濃度に含む野菜作りに適している。

塩酸溶液で100mlに定容した。これを測定試料原液とした。

2) 土

圃場およびプランターの四隅と真ん中の5点から土を同量採取し、均一になるように混合した。混合した土は一日風乾させ余分な水分を蒸発させ、約200gの中から5gを採取し、これを分析用試料とした。1%塩酸溶液約30mlおよび硝酸約10mlを加えて約30分間煮沸し、放冷後1%塩酸溶液を加えながら過した。最終的に1%塩酸溶液で250mlに定容し、これを測定用原液とした。

3) 肥料

液体肥料であるJM-7およびハイポネックスの10mlを採取し、これに1%塩酸溶液を1ml加え加熱し、1%塩酸溶液で50mlに定容した。固体肥料(花壇プランターの肥料)0.1gを採取し、1%塩酸溶液約30mlおよび硝酸約10mlを加えて約30分間煮沸し、放冷後ろ過した。1%塩酸溶液で250mlに定容し、これを測定用原液とした。

4) 水

水道水50ml、雨水100mlを採取しこれに1%塩酸溶液を1ml加え加熱し、約45mlになるまで濃縮させ、その後1%塩酸溶液で50mlに定容し、これを測定用原液とした。

(2) 原子吸光法によるCa・Mgの測定

Ca、Mgの測定は半田市医師会健康管理センターにて、原子吸光度計(HITACHI Z-8100)を使用して実施した(Ca、Mgの測定波長はそれぞれ422.7nm、285.2nmである)。調整した測定用試料原液に1%塩酸溶液を加えて10~1000倍に希釈した。これに干渉抑制剤としてストロンチウムを50mg/mlになるように加えて、試料溶液とした。

3. 小松菜の官能検査

栽培した小松菜が食用に利用できるのか、また好ましいものであるのかを知るために、官能検査を行った。栽培した小松菜2種類と市販の小松菜1種類の計3種類を用いた。方法は家庭用の雪平鍋に水を沸騰させ、塩を2g程度振り入れ、小松菜を2分間茹ですぐに水にさらした。味付けは茹でた際の塩のみで試食を行い、歯ごたえ、風味、後味、販売可能かの4項目から良い(3点)・普通(2点)・悪い(1点)の3段階でそれぞれ合計点を求め評価した。被験者は1回の実施で10人、異なる時期に計2回実施した。

実験結果と考察

1. 栽培について

小松菜は種を蒔いてから4日位で発芽し、15日位で間引きをした。1ヶ月位で10~15cmの大きさになり、42日後に収穫した。同じような要領で3回栽培した。小松菜は暑さや寒さに強いのが特徴で、土壌の性質の違いにも適応性がある。

一方、ほうれん草は種を蒔いてから4日位で発芽し、1ヶ月位で5~9cmの大きさになり、42日後に収穫した。しかし、ほうれん草は低温に強い野菜で生育の適温は15~20℃であるため、夏場の生育は難しく1回しか収穫ができなかった。2回目3回目も種を蒔いたが、発芽に6日位かかり、生育も悪かったため断念した。

2. 野菜のミネラル含量

(1) 大きさの異なる小松菜及び市販小松菜のCa、Mgの含量

栽培した小松菜及び市販小松菜について、成長の度合いによって含まれるCa、Mgの量が異なるかどうかを確かめた(図1)。図からあきらかなように、背丈が8cm未満の小松菜でも15cm以上の小松菜でもCa、Mg含量に大きな差は認められなかった。五訂食品成分

表⁵⁾によると、小松菜(葉、生)のCa含有量は170mg/100g、Mg含有量は12mg/100gであるが、栽培したものは市販品や食品成分表に示されている数値よりもはるかにCa含量が高いことがわかった。

このような結果をふまえて、次に、使用した肥料の効果を調べることにした。

(2) 小松菜のCa、Mg含量に対する肥料の効果

栽培する条件を全て揃えるため、園芸店で販売されている土を使用して肥料の効果を調べた(図2)。図から分かるように、Mg含量に関しては、ほとんど差はみられなかったが、Ca含量においては、明らかな差が認められた。一般肥料を用いて栽培したものよりも、JM-7を使用して栽培した小松菜のCa含量は1.3倍高いことがわかった。よって一般肥料よりもJM-7の方が野菜のCa含量への影響が大きいことが考えられる。

(3) 小松菜のCa、Mg含量に対する土壌の効果

園芸店で販売されている土を配合したプランター、および山林の土壌をベースにして改良した人工土壌²⁾の2種類を用いて、Ca、Mg含量に対する土壌の効果を調べた(図3)。図から明らかなように、プランターで栽培したものより人口土壌よりなる圃場で栽培した

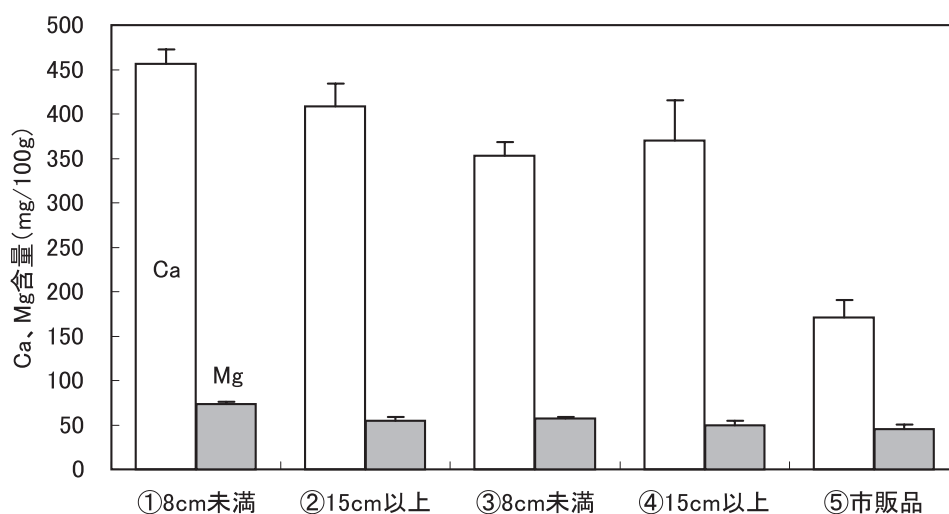


図1 大きさの異なる小松菜および市販小松菜のCa、Mg含量
①、②圃場で栽培し、JM-7を施した。③、④圃場で栽培し、一般肥料を施した。
⑤市販品：2店の某スーパーにて購入し、それぞれの小松菜に含まれるCa 、Mg 量を求めた。

小松菜の方がCa、Mg含量ともに多いことがわかった。したがって、野菜のミネラル含量を高めるためには、肥料も大切であるが、それ以上に土壌の影響が大であることがわかった。

そこで次にこの2種類の土壌、用いた肥料および散布した水に含まれるCa、Mg含量について調べることにした。

3. 土と肥料および水のCa、Mg含量

小松菜栽培に使用した土壌、肥料および水に含まれるCa、Mg含量を表3に示す。

山林の土を改良して作成した圃場の土には796mg/100gものCaが含まれていたのに対し、市販の土を配合して作成したプランターの土には184mg/100gのCaしか含まれていなかった。しかし、Mg含量に関しては圃場の土でも市販配合の土でも大きな差はなかった。

披検物質に含まれているある元素の濃度を比較するとき、単独の元素の比較をする場合には重量濃度（元素重量/披検物質重量）でかまわないが、本実験のように二つまたはそれ以上の元素の濃度比較を行うときには当量濃度（その元素の重量/その元素の原子量）/

披検物質重量）で議論することが望ましい。そこで、土に含まれるCaとMgのミリ等量を求めたところ、圃場の土のCaとMgの等量濃度はそれぞれ19.9と12.6ミリ等量/100gであり、プランターの土のそれはそれぞれ4.6と12.9ミリ等量/100gであり、圃場のCa量はMg量よりも1.6倍高かったが、プランターの土ではCa量よりもMg量の方が2.8倍高いことが明らかになった。

栽培期間中に施した各肥料に含まれるCaとMg量を表3に示す。単位重量（100gまたは100ml）あたりのCa量は、JM-7が最も多く、ついで固体肥料、液体肥料であった。Mgについては固体肥料>JM-7>液体肥料の順であった。小松菜栽培期間中に使用した肥料のおよその量は、JM-7が20ml、液体肥料10mlおよび固体肥料10gである。JM-7は単独使用ゆえに、栽培中に施したCa量はおよそ34mg、Mg量は16mgとなる。一方、市販肥料は液体と固体の混合ゆえに、Ca量はおよそ16mg、Mg量は20mgであった。固形肥料の場合は、ミネラルがイオンとなり、根の吸収部所に到着するまでに時間がかかるため、液体肥料との単純な施肥量の比較は出来ないが、収穫した野菜

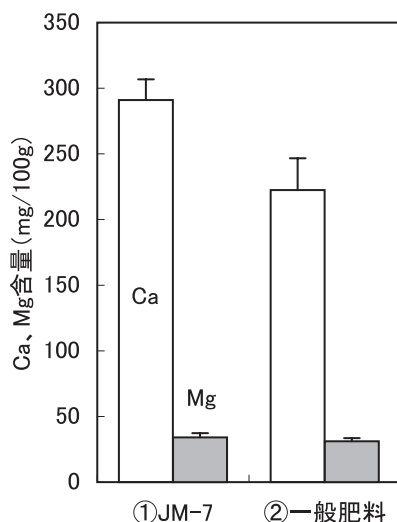


図2 小松菜のCa、Mg含量に対する肥料の効果

①市販の土を配合し（赤玉：鹿沼土：腐葉土＝7：2：1）、JM-7を施しつつ、プランター内で栽培した。

②市販の土を配合し（赤玉：鹿沼土：腐葉土＝7：2：1）、一般肥料を施しつつ、プランター内で栽培した。

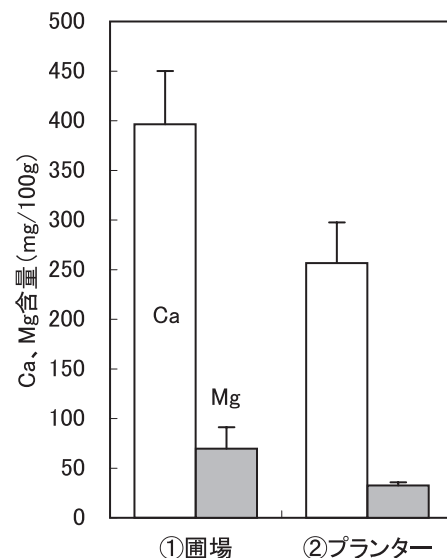


図3 小松菜のCa、Mg含量に対する土壌の効果

①圃場で栽培し、JM-7または一般肥料を施したものの平均を求めた。

②市販の土（赤玉：鹿沼土：腐葉土＝7：2：1）を使用し、プランターで栽培した。JM-7または一般肥料を施したものの平均を求めた。

表3 使用した土壌、肥料および水のカルシウム、マグネシウム含量

試料		カルシウム	マグネシウム
土壌	圃場	796mg (19.9ミリ当量)	305mg (12.6ミリ当量)
	プランター	184 (4.6ミリ当量)	312 (12.9ミリ当量)
肥料	JM-7	168mg	82mg
	液体肥料	3mg	35mg
	固体肥料	127mg	160mg
水	雨水	1mg	0.1mg
	水道水	0.6mg	0.07mg

土と固体肥料は100g 当たりの、液体肥料と水は100ml 当たりのミネラル量を示す

中のミネラル分析結果では、JM-7を施して栽培したものが最もCa含量が高かった。これらの結果から、JM-7の施肥が収穫した野菜中のCa含量を増加させることはほぼ間違いないと考えられた。

散水に使用した雨水および水道水のCa含量は、それぞれ1mgおよび0.6mg/100mlであり、Mg含量は0.1mgおよび0.07mg/100mlであった(表3)。これらの値は、土に含まれるCa、Mg含量と比較し、はるかに低い値であり、施した水が、本研究で議論している野菜に含まれるCa、Mgの量に影響を与えるものではないと思われる。

4. 小松菜およびほうれん草のCa・Mg含量

最後にほうれん草と小松菜の2種類の野菜間でCa、Mgの根からの吸収率に差があるか否かの検討をした(図4)。どちらの野菜もMg含量よりもCa含量の方が多かった。既に述べたように、圃場の土のCa含量はMg含量の2.6倍であるのに対し、その土を使用して栽培した小松菜のCa含量はMg含量の5.7倍、ほうれん草のそれは9.6倍であった。また、原子量を考慮しミリ等量で比較した場合も同じような結果が得られた。このような結果から、同じ条件の下で栽培しても、野菜の種類によってCa、Mgの吸収効率が異なり、それが野菜の含有量に影響することがわかった。

土からでも、あるいは肥料からでも多くのミネラルを根の周りに与えればミネラルリッチな野菜が作れることはあらかじめ予測できたことである。ただこの実験で得られた興味ある事実は次の様なものである。すなわち、

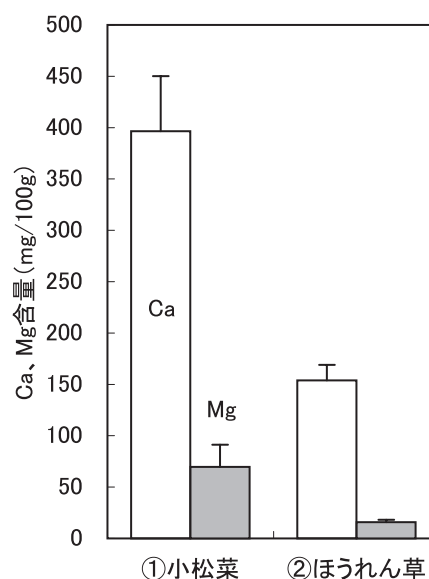


図4 小松菜およびほうれん草のCa、Mg含量

①小松菜、②ほうれん草：共に圃場で栽培したものの平均値を示す。

CaとMgの特徴あるミネラル吸収パターンの違いである。図2、図3に見られるように、二つの野菜中のMg濃度が栽培中の外的要因にそれほど左右されず比較的安定した値の中にあるのに対して、Ca濃度は外的要因にほぼ比例した値となっていることである。これらの結果から、Mgは葉緑素の主要元素であり、光合成活動や酵素の活性化に働く重要元素であるが、一定の濃度を吸収すれば、それ以上の吸収は抑えているように思われる。図1に示したように小松菜中のMg含量は、食品成分表⁵⁾に示された値よりは高くなっているが、市販品と比較すると同程度の含量であり、今回の実験からはミネラルリッチとは判定できない結果となった。一方、Caは細胞分裂に必要な元素であり、特に根の成長や細

表4 官能検査の結果（項目別評価）量

	良い 3点			普通 2点			悪い 1点		
	市販	JM-7	一般肥料	市販	JM-7	一般肥料	市販	JM-7	一般肥料
歯ごたえ	42 (14)	36 (12)	27 (9)	12 (6)	14 (7)	18 (9)	0 (0)	1 (1)	2 (2)
風味	30 (10)	9 (3)	30 (10)	14 (7)	32 (16)	14 (7)	3 (3)	1 (1)	3 (3)
後味	30 (10)	3 (1)	27 (9)	14 (7)	34 (17)	20 (10)	3 (3)	2 (2)	1 (1)
売り物	51 (17)	48 (16)	45 (15)	-	-	-	1 (1)	3 (3)	4 (4)

単位：点数（人数）

表5 官能検査の結果（合計点）

	市販	JM-7	一般肥料
歯ごたえ	54	50	47
風味	47	42	47
後味	47	39	48
売り物	52	51	49
合計	200	182	191

単位：点数

胞壁の構成に欠かせない元素であり、成長し続けるためにはいくらかでも吸収したい元素であることから、Mgよりも多くの量を取り込む傾向にあることが明らかとなった。プランターで栽培した小松菜（図3-②）における二つの元素の土からの濃縮率を見れば、Ca含量が、プランターの土壌濃度よりも大きくなっているのに対して（234mg/100g小松菜 > 184mg/100g土壌）、Mg含量は土壌濃度の1/10程度（32mg/100g小松菜 < 312mg/100g土壌）であることから明らかである。

5. 小松菜の官能検査

官能検査の結果を以下の表にまとめた（表4、5）。表から明らかなように、JM-7を使用して栽培した小松菜は後味があまり好ましくないことがわかった。しかし、他の項目においては有意差がなかったため、後味の改良のみが必要とされる。また、同じ条件下での栽培においてJM-7を使用して栽培した小松菜は一般肥料を使用して栽培した小松菜よりCa、Mg含量が高かったため、JM-7を使用しての栽培方法を見直しCa、Mgが豊富でかつ

美味しい小松菜作りができれば良いと考えられる。

謝辞

本研究の実施に際し、Ca、Mgの測定にご協力をいただきました、半田市医師会健康管理センターの氷室 純博士に深く感謝いたします。また研究遂行上、ご協力をいただきました名古屋学芸大学管理栄養学部の和泉秀彦准教授、山田千佳子助教、間崎剛助教および石黒裕子助手に感謝いたします

参考文献

- 1) 労働問題研究会議編集：高齢化社会と日本の福祉：全国高齢者社会福祉協会（2006）
- 2) Haruo Matsui: A Fundamental Uptake by Root of Coniferous Seedlings, National Industrial Institute of Nagoya, Japan (1999)
- 3) 松井春夫：Tree Doctor, No.8, 130-135, 日本樹木医会（2000）
- 4) 文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会 食品成分委員会：日本食品標準成分表分析マニュアル
- 5) 香川芳子監修：五訂増補版食品成分表：女子栄養大学出版部（2007）

Abstract

A Method for the Production of the Mineral Rich Vegetables

Akira TAMURA*, Kazuna MAKIHARA*, Emi MASUNO* and Haruo MATSUI**

The mineral rich vegetables are useful for the aged persons because their functional ability to uptake nutrients from foods is gradually decreased by the addition of the age. We tried to produce, Komatsuna (*Brassica campestris* var. Komatsuna) and spinach, they contained rich in calcium and magnesium as usual.

A method is one of the application of the liquid nutrient, JM-7, Matsui presented in his theory²⁾. When it is supplied for the plants, the mineral cations such as Ca^{2+} and Mg^{2+} are taken up efficiently into the plant inside through the root. The calcium and magnesium contents in grown up vegetables were analyzed and discussed in relation to the external factors such as applied nutrients and soils. The results obtained are as follows; 1) A JM-7 application to Komatsuna is really efficient, however, much effective factor is the concentrations of calcium and magnesium in the soils. 2) The mineral contents in vegetables are different even though external conditions being same. It is suggested that the nutrient uptake mechanism for minerals of each vegetable is on their own terms. Calcium amount contained in the vegetables is affected depend on the calcium concentrations in the soils. On the other hand, it seems that magnesium amount is not so affected, and certain amounts are taken up from soil no relation to the change in external conditions. 3) Calcium rich vegetables could be obtained in this method, but their taste was not so good. It is a next object to produce vegetables that mineral is rich and taste is also good.

* Department of Nutritional Sciences, Nagoya University of Arts and Sciences
** Nagoya Environmental Construction College