

鹿児島県産有機栽培ホウレン草のミネラル含量とそれらの調理による消失

西尾 晃・高松 直子・永田 茂穂*・松元 順*

上村 幸廣*・石黒 茂・宮本 篤

(家畜薬理学研究室)

平成11年8月5日 受理

Mineral Contents and Loss of Those by Cooking of Boil in the Spinachs Grown Organically in Kagoshima Prefecture

Akira NISHIO, Naoko TAKAMATSU, Shigeo NAGATA*, Jun MATSUMOTO*,

Yukihiro KAMIMURA*, Shigeru ISHIGURO and Atsushi MIYAMOTO

(Laboratory of Veterinary Pharmacology)

緒 言

最近の疫学的調査により、野菜や果物に含まれているマグネシウム (Mg) やカリウム (K) は卒中発作や骨粗しょう症の予防に有効であることが示唆されている^{7, 9)}。いっぽう、一般に有機農産物は、慣行科学栽培されたものに比べ、健康に良いと考えられているが、それを科学的に証明した成績はほとんどない。

これまでの先人の成績では、有機栽培されたホウレン草の Mg 含量が慣行科学栽培されたものに比べ高いことが示されている⁸⁾。当研究室では、これまで Mg 摂取不足時の病態を実験動物を用いて各方面より検討してきた⁶⁾。そのなかで、Mg 摂取不足により低 Mg 血症になると、交感神経伝達物質であるノルエピネフリンによる血管の収縮が著しく増強されることを見出ししている。また、人での Mg 摂取不足は、心疾患や高血圧症の発症頻度を上昇させたり¹⁾、骨粗しょう症の発症要因となる危険性が指摘されている¹⁰⁾。Mg 含量の高い農産物として、野菜類ではホウレン草、いも類ではさつまいも、まめ類では大豆があげられており、Mg の良い供給源となっている²⁾。しかし、注意すべき点は、これら Mg 含量の高い農産物も、調理により容易に Mg を消失してしまうことである⁵⁾。

今回、私達は有機栽培農産物の栄養評価を試みる第一歩として、今日の食生活に欠くことのできない野菜であり、ミネラルやビタミン C 含量が多く、栄養価の高いホウレン草をモデル野菜として、有機栽培と慣行科学栽培時のミネラル含量と調理したときのそれらミネラルの溶出率を比較検討した。

材 料 と 方 法

有機栽培ホウレン草は、鹿児島県の有機栽培農家から、1998年5月から1999年3月までの各時期に得た (Table 1)。いっぽう、ほぼそれに対応する時期にスーパー等で有機栽培と明記されていない鹿児島県産のホウレン草を得た (Table 2)。

さらに、鹿児島県農業試験場で化学肥料、牛ふん堆肥、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥を用いて栽培したホウレン草を分析した (Table 5)。これらのホウレン草は、1999年3月17日に播種し、1999年5月6日に収穫した。用いた化学肥料区における施用量 (g/m^2) は、N 12, P_2O_5 12, K_2O 12, CaO 23.3 および MgO 3.0とした。各家畜ふん堆肥はペレットとして施用し、化学肥料代替率は N 施用量を等しくするため、堆肥の配合量を牛ふん堆肥では4割、豚ふん堆肥では6割、鶏ふん堆肥では7割とした。家畜ふん堆肥ペレットの P_2O_5 , K_2O , CaO および MgO の含量 (%) は、牛ふんではそれぞれ 2.89, 3.13, 1.44, および 1.10 であり、豚ふんではそれぞれ 7.33, 3.02, 7.22, および 2.11, 鶏ふんでは 6.26, 6.26, 10.6 および 1.65 であった。いずれも無農薬栽

*鹿児島県農業試験場: Kagoshima Agricultural Experiment Station

鹿児島市上福元町5500番地

培を基本としたが、化学肥料区では4月21日にハモグリバエの害がみられたためトリガード乳剤(1000倍希釈)を散布した。

ホウレン草のミネラル含量は、ホウレン草を水道水で十分に洗った後、根部を取り除き、再蒸留水でさらに数回洗浄したのち、乾燥させたものと、ホウレン草重量の10倍量以上の再蒸留水中で100℃で3分間煮沸したのち乾燥させたものについて調べた。乾燥は最初40℃で十分に水分を取り除いた後、90℃で重量が一定になるまで行った。

乾燥したホウレン草を乳鉢で粉末にしたのち、湿性灰化し、MgとCaは原子吸光法、Kは炎光法、Pは比色法⁴⁾で測定した。

平均値の差の検定は unpaired Student's t-test で行い、 $P < 0.05$ を有意とした。

結 果

1. 有機栽培農家より得たホウレン草

(1) ミネラル含量

有機栽培農家より得たホウレン草および有機栽培と明記されていない鹿児島県産ホウレン草のミネラル含量をそれぞれ Table 1 と Table 2 に示した。

有機栽培農家より得たホウレン草の Mg 含量は、5～7月に収穫された3点の平均は9.25mg/g・乾燥重量であり、11～12月の6点(平均8.34mg)および1～3月の9点(平均7.88mg)に比べ高い傾向がみられた。KおよびP含量も類似の傾向を示した。Ca含量は5～7月に収穫されたものが他の時期のものに比べ低い傾向を示した。

有機栽培と明記されていない鹿児島県産ホウレン草の Mg 含量は、11～12月に収穫されたものが高く、全体の平均値9.76mgは、有機栽培農家より得たホウレン草の全体の平均値8.26mgより有意に高い値

Table 1. Mineral contents of commercially obtained organically grown spinachs in Kagoshima

Harvest	Sample	Mg	Ca (mg/g · dry weight)	K	P
1998 May~July	H	8.05	4.21	113.68	10.20
	Y1	9.10	2.99	111.70	7.24
	Y2	10.60	3.61	132.32	6.50
Mean±SD		9.25 ± 1.28	3.60 ± 0.61	119.23 ± 11.38	7.98 ± 1.96
November ~ December	M	6.14	7.62	50.26	5.33
	Ya	6.65	6.98	81.80	7.06
	Ka	7.67	7.04	89.08	7.54
	A	8.71	3.52	110.72	7.33
	Ky	9.25	11.43	98.02	5.83
	Yt	11.61	5.09	118.60	6.84
Mean±SD		8.34 ± 1.99	6.95 ± 2.67	91.41 ± 24.28	6.66 ± 0.88
1999 January ~ March	Hi1	5.57	2.59	54.12	9.56
	Ti5	5.85	3.82	80.28	7.50
	Ti1	6.92	8.22	59.57	3.57
	Ti4	7.50	7.61	58.08	6.40
	Ya4	7.97	8.63	57.33	7.74
	Y4	8.41	3.51	118.90	6.94
	Ti3	8.49	4.73	98.69	6.81
	Ti2	9.31	5.06	117.62	7.02
	Y3	10.91	4.79	108.40	5.64
Mean±SD		7.88 ± 1.67	5.44 ± 2.18	83.67 ± 27.49	6.80 ± 1.62
Mean±SD		8.26* ± 1.71	5.64 ± 2.40	92.18 ± 26.68	6.95 ± 1.46

*Significantly less than that of conventionally grown spinach shown in Table 2 ($P < 0.05$)

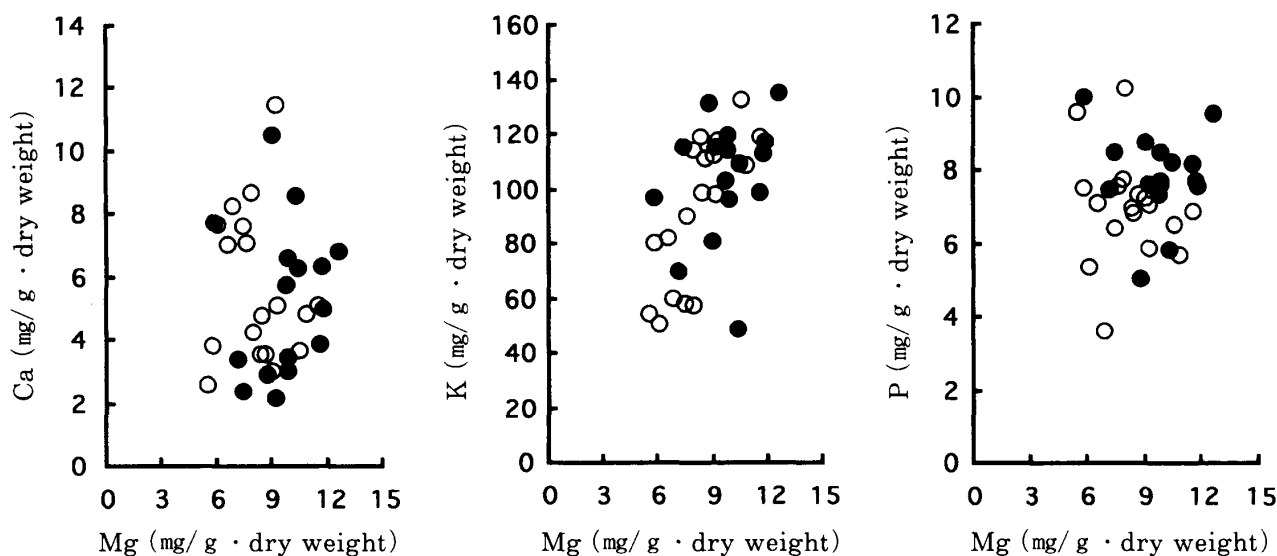
であった。

Table 1 および 2 に示したように、各ミネラル含

量のサンプル間の差が大きい。そこで、Mg 含量と他のミネラル含量との関係を調べたところ、Fig.1

Table 2. Mineral contents of commercially obtained organically grown spinachs in Kagoshima

Harvest	Sample	Mg	Ca (mg/g · dry weight)	K	P
1998	D	5.90	7.69	96.61	10.00
May~July	S1	7.47	2.36	115.10	8.47
	T1	12.71	6.76	134.86	9.50
	S2	8.83	2.90	131.18	5.00
	Mean±SD	8.73 ± 2.91	4.93 ± 2.69	119.44 ± 17.47	8.24 ± 2.25
November	Dy	9.07	10.50	80.68	8.74
~	S5	9.27	2.16	114.89	7.59
December	S3	9.90	3.41	113.61	7.57
	S4	9.91	3.01	119.10	7.68
	T2	11.63	3.85	98.73	8.12
	S6	11.88	4.98	117.14	7.56
Mean±SD	10.28 ± 1.20	4.65 ± 3.01	107.36 ± 14.94	7.88 ± 0.47	
1999	Hi	7.21	3.36	69.73	7.44
January	T3	9.81	5.70	102.80	7.33
	Ma2	9.94	6.58	96.11	8.48
March	Ac	10.40	8.56	48.32	5.80
	Ma1	10.50	6.25	109.03	8.17
	S7	11.79	6.32	112.46	7.68
Mean±SD	9.94 ± 1.51	6.13 ± 1.67	89.74 ± 25.36	7.48 ± 0.93	
Mean±SD	9.76 ± 1.83	5.27 ± 2.43	103.77 ± 22.34	7.82 ± 1.21	



○ : organically grown spinach, ● : conventionally grown spinach
 Relation of Mg to Ca; ○: $Ca = 3.70 + 0.16 Mg$ ($r = 0.12$), ●: $Ca = 6.89 - 0.15 Mg$ ($r = 0.12$)
 Relation of Mg to K; ○: $K = -7.81 + 12.10 Mg$ ($r = 0.78$), ●: $K = 70.15 + 3.44 Mg$ ($r = 0.28$)
 Relation of Mg to P; ○: $P = 8.10 - 0.14 Mg$ ($r = -0.16$), ●: $P = 8.43 - 0.06 Mg$ ($r = -0.09$)

Fig.1. Relation of Mg content to other mineral contents in organically grown spinachs and in conventionally grown ones.

に示すような結果を得た。そのなかで、有機栽培農家より得たホウレン草の Mg と K 含量との間に高い相関がみられた ($r=0.78$)。有機栽培と明記されていないホウレン草での Mg と K 含量との相関係数は0.28であった。また、Mg と Ca および Mg と P との相関係数は、いずれも0.28以下であった。

(2) ミネラルの溶出率

ホウレン草を熱湯で茹でると、Mg が溶出することが知られている⁵⁾。有機栽培農家より得たホウレン草を100℃で3分間蒸留水中で茹でたときの各ミネラルの溶出率を Table 3 に、有機栽培と明記されていないホウレン草での成績を Table 4 に示した。有機栽培ホウレン草の Mg と K の溶出率はそれぞれ21.1~59.9% (平均42.1%) と0~57.6% (平均31.1%) に対して、有機栽培と明記されていないホウレン草では、それぞれ27.7~67.8% (平均46.4%) と18.5~49.7% (平均35.5%) と高い傾向を示

した。Ca と P の溶出率は Mg と K よりもサンプル間の差が大きく、全く溶出しないものから40%以上も溶出するものがあった。

2. 家畜ふん堆肥で試験栽培したホウレン草のミネラル含量とその溶出率

実験的に各肥料で栽培したホウレン草のミネラル含量とそれらを100℃で3分間蒸留水中で茹でたときのミネラルの溶出率を Table 5 に示した。各家畜ふん堆肥で栽培したホウレン草の Mg 含量は化学肥料で栽培したものに比べ低い値であった。また、100℃で3分間茹でたときの溶出率も低かった。Ca 含量は化学肥料と豚ふん堆肥で栽培したホウレン草で高かった。また、家畜ふん堆肥で栽培したホウレン草では Ca の溶出はみられなかった。K と P 含量は家畜ふん堆肥で栽培したホウレン草で高かった。K の溶出率は牛ふん堆肥で栽培したホウレン草で低かった。P の溶出率は家畜ふん堆肥で栽培したホ

Table 3. Loss of minerals by cooking of boil (100℃ for 3 min in distilled water) from organically grown spinachs in Kagoshima

Harvest	Sample	Mg	Loss of mineral (%)		
			Ca	K	P
1998 May~July	H	59.9	0.2	31.3	19.7
	Y1	59.7	27.4	28.8	—
	Y2	53.7	—	12.9	—
Mean±SD		57.77 ± 3.52	9.20 ±15.76	24.33 ± 9.98	6.57 ±11.37
November ~ December	M	22.3	—	—	18.6
	Ya	47.2	32.5	12.0	21.8
	Ka	31.4	—	28.6	7.4
	A	56.7	—	31.7	—
	Ky	50.6	38.8	57.6	18.5
Mean±SD		43.90 ±13.93	11.88 ±18.52	28.40 ±20.42	11.05 ± 9.85
1999 January ~ March	Hi1	25.5	—	35.1	17.8
	Ti5	27.4	0.3	31.8	18.7
	Ti1	21.1	10.5	32.6	—
	Ti4	48.7	39.6	31.3	—
	Ya4	33.2	—	37.4	33.5
	Y4	41.5	—	38.9	10.8
	Ti3	29.4	—	33.4	6.0
	Ti2	45.3	—	43.1	5.1
	Y3	48.2	24.2	32.8	1.4
Mean±SD		35.59 ±10.51	8.29 ±14.34	35.16 ± 3.93	10.37 ±11.19
Mean±SD		42.06 ±13.32	9.64 ±15.15	31.10 ±12.69	9.96 ±10.26

ウレン草で高かった。

それぞれの肥料で栽培したほうれん草の収穫時の大きさを Fig.2 に示した。牛ふん堆肥で栽培したほうれん草が最も生長がよく、次いで豚ふん堆肥と化学肥料で栽培したほうれん草がほぼ同じで、鶏ふん

堆肥で栽培したものが最も生長が劣っていた。

考 察

無農薬で有機栽培されたほうれん草の Mg, Ca および P 含量が慣行科学栽培されたほうれん草に

Table 4. Loss of minerals by cooking of boil (100°C for 3 min in distilled water) from organically grown spinachs in Kagoshima

Harvest	Sample	Mg	Ca	K	P
		Loss of mineral (%)			
1998	D	50.8	—	34.9	35.0
May~July	S1	50.6	—	47.7	8.0
	T2	60.1	—	49.7	21.1
	S2	67.8	—	42.5	—
Mean±SD		57.33 ± 8.27	—	43.70 ± 6.61	16.03 ±15.35
November	Dy	61.1	47.3	37.7	14.9
	S5	45.3	—	34.7	7.8
December	S3	29.3	—	32.5	8.5
	S4	43.6	40.5	32.2	0.1
	T2	51.8	—	31.5	12.9
	S6	40.6	17.5	29.5	7.4
Mean±SD		45.28 ±10.70	17.55 ±21.61	33.02 ± 2.84	8.60 ± 5.15
1999	Hi	27.7	4.8	21.3	13.2
January	T3	36.7	—	38.3	6.7
	Ma2	34.7	—	34.5	8.5
March	Ac	43.9	10.0	18.5	—
	Ma1	57.9	—	42.4	5.6
	S7	39.8	37.0	39.6	—
Mean±SD		40.12 ±10.26	8.63 ±14.46	32.43 ±10.07	5.67 ± 5.10
Mean±SD		46.36 ±11.62	9.82 ±16.60	35.47 ± 8.33	9.36 ± 9.06

Table 5. Mineral contents and the loss of them by cooking of boil in spinachs grown experimentally on chemical nutrients and on manure

[A] Mineral content (mg/g · dry weight)

Nutrient	Mg	Ca	K	P
Inorganic Chemicals	11.60	15.96	30.52	3.19
Manure from Cattle	6.37	5.92	78.32	6.24
Manure from Pigs	6.62	13.66	66.13	5.04
Manure from Fowls	4.75	8.84	84.42	4.35

[B] Loss of mineral (%)

Nutrient	Mg	Ca	K	P
Inorganic Chemicals	40.3	7.2	31.7	14.4
Manure from Cattle	33.1	—	7.1	21.2
Manure from Pigs	22.8	—	47.7	18.3
Manure from Fowls	23.4	—	41.3	19.8

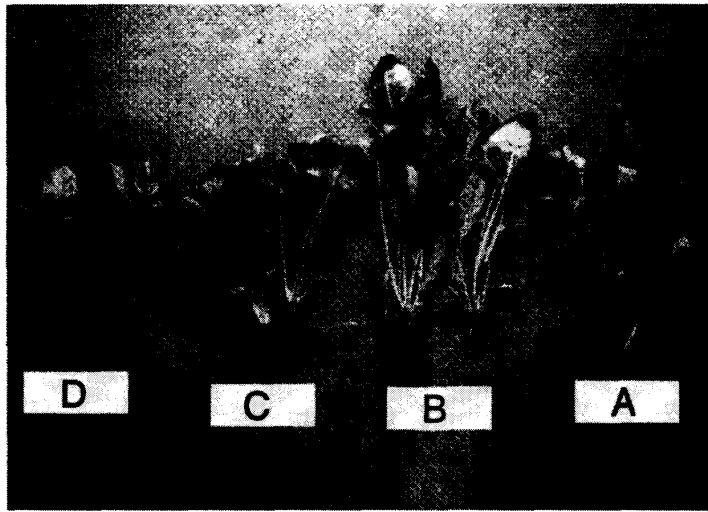


Fig.2. Size of spinachs grown on different nutrients.
A: inorganic chemicals, B: manure from cattle,
C: manure from pigs, D: manure from fowls.

比べると有意に高いとの報告がある⁸⁾。Mg は葉緑素，Ca と P は細胞壁架橋成分で細胞同志の密着性の増加をもたらすため，有機栽培されたものでは日持がよくなるのではないかと推察されている。

今回，実験的に化学肥料のみ，および各種家畜ふん堆肥のみで栽培したハウレン草の Mg と Ca 含量は必ずしも高くなく，かえって低かった (Table 5)。P 含量は先人の報告⁸⁾ のように有機栽培ハウレン草で高かった。現時点ではこのような先人の成績との違いの要因については不明である。

いっぽう，鹿児島県下の有機栽培農家で栽培されたハウレン草のミネラル含量について調べたところ，Table 1 に示したように農家 (サンプル) 毎の差が大きく，Table 2 に示した有機栽培と明記されていないハウレン草との間に，Ca, K および P 含量にはいずれも有意差は認められなかったが，実験的に栽培したときと同様に，Mg 含量が有機栽培農家より得たハウレン草で有意に低かった。

鹿児島県では畜産が盛んであり，家畜ふんが豊富にあるため，農家の家畜ふん堆肥の使用量が多い。最近の調査によると³⁾，鹿児島県内の野菜農家の家畜ふん堆肥原料の使用量は45,000トン以上であり，そのなかでも牛ふんが12,000トンと多く，次いで牛，豚および鶏ふんの混合堆肥原料が25,000トンも使用されており，鹿児島県全体の堆肥原料84,000トンの半量以上を野菜農家が使用していると計算されている。したがって，鹿児島県内で生産・販売されているハウレン草は，有機栽培と明記されていない場合でも，多かれ少なかれ，家畜ふんに由来する有機肥

料が使用されていると推察される。

今回の有機栽培農家より得たハウレン草は，すべてのサンプルについて聞き取り調査はしていないが，無農薬・無化学肥料を基本として栽培されたものであり，各種家畜ふん堆肥が単独または油粕などの他の有機肥料と併用されている場合が多かった。

Fig.1 に有機栽培農家より得たハウレン草の Mg 含量と他のミネラル含量の関連を示したが，そのときの関係式に，Table 5 に示した家畜ふん堆肥で栽培したハウレン草の各ミネラル値を適用して計算してみると，Ca 5.93mg, K 69.23mg および P 7.21mg となり，牛ふん堆肥で栽培したハウレン草の値と良く似ていた。したがって，これらの成績と Fig.2 に示したように牛ふん堆肥でのハウレン草の生育が良かったことを考え合わせると，今回調べた有機栽培ハウレン草も，牛ふん堆肥を主体としたものが多いのではないかと推察できる。

ハウレン草を人が摂取するときは，加熱処理をすることが多い。そこで，ハウレン草を100℃で3分間熱湯で茹でたときのミネラルの溶出率 (消失率) について調べた。Table 3 と 4 に示すように，有機栽培農家より得たハウレン草の Mg 溶出率は，有機栽培と明記されていないハウレン草と比べると低い傾向を示した。実験的に栽培したハウレン草でも，化学肥料で栽培したハウレン草に比べると，家畜ふん堆肥で栽培したハウレン草の Mg 溶出率は低かった (Table 5)。このような差が，残存している Mg の消化管からの吸収率に影響するのかどうかについて検討中である。

要 約

有機栽培農産物の栄養評価を、ホウレン草をモデル野菜として試みる第一歩として、ミネラル含量およびその調理による消失率について検討した。鹿児島県内の有機栽培農家から得たホウレン草のMg含量は、スーパー等で得た有機栽培と明記されていない鹿児島県産のホウレン草より有意に低かった。Ca, K および P 含量は、両ホウレン草間に有意差はなかった。実験的に化学肥料のみ、家畜ふん堆肥のみでホウレン草を栽培したところ、牛ふん堆肥で栽培したとき最も成育が良かった。化学肥料のみで栽培したホウレン草に比べて、牛ふん堆肥のみ、豚ふん堆肥のみおよび鶏ふん堆肥のみで栽培したホウレン草のMg含量が低かった。また、Ca含量も低かったが、K および P 含量は高かった。調理（100℃、3分間熱湯中で煮沸）によるMgの消失率は、家畜ふん堆肥で栽培したホウレン草で低かった。また、有機栽培農家より得たホウレン草でも同じ傾向がみられた。これら残存しているMgの消化管からの吸収率についての検討が必要と考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたり、種々の御指導をいただいた農学部 林 國興教授、教育学部 佐藤雅子教授、徳田修司教授に感謝いたします。また、材料の入手に御協力いただいた(有)やさい村、(有)地球畑および有機栽培農家 迫 氏に感謝いたします。

本研究の一部は、鹿児島大学全学合同プロジェクト「大地・食・人間の健康を保全する環境革命への試行」

の研究費による。

文 献

- 1) Altura, B.M., and Altura, B.T.: New perspective on the role of magnesium in the pathophysiology of cardiovascular system. I. Clinical aspect. *Magnesium*, 4, 226-244 (1985)
- 2) 第5次改定 日本人の栄養所要量. 第一出版, 東京 (1995)
- 3) 樋渡 隆, 生駒エレナ, 上原俊彦, 河野広中: 県内堆肥化施設の現状と課題. 鹿児島県畜産試験場研究報告, 第32号, 66-78 (1999)
- 4) Hurst, R.O.: The determination of nucleotide phosphorus with a stannous chloride-hydrazine sulphate reagent. *Can. J. Biochem.*, 42, 287-292 (1964)
- 5) 菊永茂司, 石井浩子, 小山富左恵: ほうれん草のマグネシウム供給源としての評価. *マグネシウム*, 16 (suppl), 21-26 (1997)
- 6) 西尾晃, 石黒茂, 宮本篤: ラットの実験的マグネシウム欠乏症に関する研究. *マグネシウム*, 16 (suppl), 65-75 (1997)
- 7) Suter, P.M.: The effect of potassium, magnesium, calcium, and fiber on risk of stroke. *Nutr. Rev.*, 57, 84-91 (1999)
- 8) 竹熊宜孝, 入佐孝三: 有機農法および慣行科学農法により生産された農作物の化学成分の分析に関する研究. 平成6年度厚生科学研究「有機農業者の健康実態および有機農業の生体影響に関する研究」報告書, 18-21頁 (1995)
- 9) Toker, K.L., Hannan, M.T., Chen, H., Cupples, L.A., Wilson, P.W.F., and Kiel, D.P.: Potassium, magnesium, and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly men and women. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69, 727-736 (1999)
- 10) Wallach, S.: Relation of magnesium to osteoporosis and calcium urolithiasis. *Magnes. Trace Elem.*, 10, 281-286 (1991-1992)

Summary

As one of the preliminary steps to evaluate the nutrition values of the organically grown vegetables in general, 2 groups of spinachs, the one consisting of those grown organically and the other consisting of those grown conventionally in Kagoshima Prefecture, were adopted as the model ones; the mineral contents of which and the loss by cooking of boil were examined, respectively and comparatively.

The mineral contents of the spinachs (n=18) organically grown and commercially obtained, were as follows; (mg/g dry weight): Mg 8.26, Ca 5.64, K 92.18, P 6.95; on the other hand, those of the spinachs (n=16) conventionally grown and commercially obtained were as follows: Mg 9.76, Ca 5.27, K 103.77 and P 7.82, respectively. The Mg content of the organically grown spinachs was significantly lower than that of the conventionally grown ones. The loss of each mineral in spinachs by cooking of boil (at 100°C: boiled in distilled water for 3 min.) seemed to be less in the organically grown spinachs compared to conventional ones. To confirm experimentally the above data, one group of spinachs were grown only on chemical nutrients, and the other group of them were grown on the manures from cattle, pigs or fowls. Mg contents contained in the group grown on manures were significantly less than those in the ones grown on chemical nutrients. The loss of mineral contents by cooking of boil was also less in spinachs grown on manures than that in those grown on chemical nutrients. It was considered to be important to examine further the bioavailability of each mineral in the spinachs.