

有機資材およびフルボ酸 の施用が作物の品質に及 ぼす影響

筒木研究室

横井 拓也

目次

有機資材およびフルボ酸の施用が作物の品質に及ぼす影響.....	1
はじめに	4
材料と方法.....	6
供試土壌および有機資材	6
化学肥料およびフルボ酸	6
野菜	6
圃場栽培試験	7
ポット栽培試験	7
土壌分析	7
pH 分析	8
硝酸態窒素.....	8
EC	8
図 1 圃場の区分け	9
表 1 畜大圃場の成分	10
表 2 有機資材の成分	10
表 3 化学肥料・有機資材の畜大圃場への施用量.....	11
表 4 フルボ酸 成分表.....	11
表 5 化学肥料 馬鈴薯用 2 号の成分	11
結果と考察.....	12
トマト.....	12
表 6 トマトの収量.....	14
図 2 トマト 1 個当りの重さ 平均値 グラフ	14
図 3 各区のトマト 1 個あたりの重さの割合.....	15
図 4 トマト中のグルコース含量に対する各資材とフルボ酸の効果.....	17
図 5 トマト中のアスコルビン酸含量に対する各資材とフルボ酸の効果.....	17
表 7 トマト中の糖度 (%)	18
ニンジン	19
表 8 ニンジン中の糖分 (%)	19
表 9 ニンジン 収量	19
小松菜.....	20
図 7 小松菜 収量.....	20
図 8 小松菜中のグルコース・アスコルビン酸含量.....	21
図 9 小松菜中の硝酸態窒素含量	22
要約	23

おわりに	23
謝辞	23
参考文献	24

はじめに

近年、北海道でも推進傾向にある有機農業。農林水産省の統計によれば、有機認定事業者数の数は年々増加傾向にあり、平成 14 年の認定事業者数が 3,639 人に対し、平成 20 年では 5,651 人増えている。今後慣行農業から有機農業に転換していきたいとおもっている農業者も多いようだ。有機農業には利点がとても多く、化学肥料・農薬および遺伝子組み換え技術を使用しないことで、環境への負荷をできる限り低減し農業の持つ自然循環機能を増進する。これが良好な景観形成・農業生態の保護および二次的自然環境の劣化を防ぐことにつながっている。化学肥料・農薬を使用しないことが消費者の意向の変化にもつながっており、有機農産物を購入したいという購入者は増えてきているようである。しかし、有機農業には問題点も多い。化学肥料や農薬を使用しないことを基本とする有機農業は、販売価格の点では慣行栽培より有利ではあるが、単位面積当たりの労働時間は慣行栽培を大きく上回ると共に収量はそれを下回っており、農業者にとって大きなリスクがあるといえる。このことから、年々増加傾向にある有機農業ではあるが、国内の有機農産物の格付け数量が総生産量に占める割合は、平成 19 年度の統計でわずか 0.18%ほどしかない。有機農産物を購入したいと回答した消費者の理由は、有機農産物は安全であり安心できる食べ物であるからというものが最も多く、有機農産物が安全な農産物であると認知されているようではあるが、その農産物の品質までは衆知されているとはいえないようである。現在、作物体に含まれる成分として硝酸態窒素がヒトの体内に摂取されたとき、体内で亜硝酸やニトロアミン体に変換された場合、メトヘモグロビン血症・発ガンおよび生殖機能障害といった健康被害を引き起こすと考えられ問題視されている。一般に野菜に含まれている硝酸態窒素は飲料水よりも遥かに多く、2,000ppm から 3,000ppm 程度だと考えられている。ハウレンソウ・チンゲンサイおよびコマツナにおいて、作物体中の硝酸態窒素濃度が高くなると、ビタミン C や糖分の含量が低下するという報告がある（張春蘭、1990；池羽 2005）。また、アスコルビン酸は抗酸化機能性成分の一つであり、野菜や果実に含まれる保健的成分として最も有名なもののひとつである。さらに、野菜や果実のおいしさに関与する重要な構成要素である糖度と高い相関があることが報告されて

いる（目黒、1993；篠原、1987）。これらのことをふまえて本研究では、化学肥料と堆肥、液肥といった異なる有機資材を用いた時、作物体の品質にどのような影響があるのか調査するため、帯広畜産大学精密圃場において、トマト、ニンジン栽培し、コマツナをポット栽培試験により栽培した。それに加えて、本研究ではフルボ酸の施用効果についても検討した。フルボ酸は土壌中の重要な腐植物質であり、また家畜糞尿や各種の有機性廃棄物などには腐植物質が含まれており堆肥化の発酵過程においてより安定した腐植度の高い形態へと変化することが報告されている（Sanchez-Menedero et al; 2002）。このフルボ酸などの腐植物質がオーキシシンやジベレリンのようなホルモン様生理活性を持つことが報告されており（Cacco and Dell’Agnola 1984; Pizzeghello et al.,2001；Nardi et al.,2002）、フルボ酸が植物への硝酸イオンやカリウムイオンの養分吸収促進に直接的な影響を与える事が報告されている（Dell’Agnola and Nardi, 1987；Maggioni et al., 1987）。本研究では、このフルボ酸を土壌に直接散布し化学肥料・有機資材と併用した場合、収量・成長および品質にどのような影響を及ぼすか検討した。

材料と方法

供試土壌および有機資材

帯広畜産大学精密圃場（以下 畜大圃場と表記する）の土壌を使用。本研究では 4m×4m で合計 16 m²を 1つの区とし、それを化学肥料区・牛糞堆肥区・豚糞堆肥区・食品残渣区と 4 試験区に分画したものを 12 区設けた。そのうち半分をフルボ酸施用区とした。土壌の Ca 不足を補う為、2012 年 5 月 17 日に苦土石灰を散布した。4 月下旬から 6 月にかけてイネ科雑草、多年生雑草の勢いが強かったため、イネ科雑草の除草剤であるナブ乳剤を 200 倍に希釈したものを 5 月 25 日・6 月 1 日に 2 度散布し、多年生雑草に効果があるラウンドアップを 100 倍に希釈したものを 6 月 8 日に散布した。原土の成分含量は表 1 で記載し、圃場の区の割り当てについては図 1 に記載した。

今回使用した有機資材は、帯広市美栄町の株式会社・帯広有機が生産している製品名「グリーン・アース」の牛糞堆肥・青森県上北郡おいらせ町の株式会社・インターファームが製造している製品名「ぶん太」の豚糞堆肥・北海道滝川市の株式会社・不二建設が製造している製品名「ひまわり」の食品残渣液肥を 5 月 18 日に圃場に投入した。有機質資材の成分含量については表 2 に記載し、化学肥料も含めた圃場への施用量は表 3 に記載した。

化学肥料およびフルボ酸

化学肥料は JA 帯広川西で調整された馬鈴薯用化成肥料「馬鈴薯用 2 号」を使用した。

フルボ酸は株式会社・ミヤモンテ JAPAN が植物を発酵させて製造している製品名「キレートバランス」（原産地 メキシコ）を使用した。フルボ酸の成分表は表 4 で示す。

野菜

栽培作物は圃場試験においては、トマト・ニンジン栽培しポット試験においてはコマツナを栽培した。トマトの品種は桃太郎・なつみを使用した。この品種の幼苗を畜大地域連携センター内の温室で育苗し

6月20日に畜大圃場に移植した。ニンジンには夏蒔五寸人参という品種を6月29日に畜大圃場に直播し、発芽後間引きを行った。ポット試験に使用した小松菜の品種は夏楽天であり、これも同様に8月2日にポットに直播き後間引きを行った。

圃場栽培試験

圃場の区分けについては、図1に示したとおりである。3.4.7.8.11.12の区にはトマト・桃太郎なつみ（以下 トマトと省略する）を6月20日に移植し、1,2,5,6,9,10の区にはニンジンを6月29日に播種した。そのうち、2,4,5,7,10,12の区をフルボ酸施用区とし、フルボ酸を水道水で500倍に希釈したものを6月29日、7月6日、7月30日の3回散布した。

ポット栽培試験

ポット栽培試験では、化学肥料区・食品残渣区・牛糞堆肥区・豚糞堆肥区・化学肥料フルボ酸区・食品残渣フルボ酸区・牛糞堆肥フルボ酸区・豚糞堆肥フルボ酸区の8試験区とした。1/500aのワグネルポットに、排水性を良くするために市販の赤玉土を下層に敷き詰め、そのうえに畜大圃場から採取した土壌を2mmのふるいにかけて乾燥させたものを充填し、その上に所定量の化学肥料・食品残渣液肥・牛糞堆肥・豚糞堆肥を投入し、よく混和した。施肥量は表4に示したとおりである。土壌はトマト・ニンジンの屋外実験に使用される12区とは別の隣接する圃場から採取したものを使用した。2012年8月2日にこのワグネルポットにコマツナ・夏楽天を播種し、発芽後8試験区すべての幼芽を間引きし、幼芽の大きさがおおよそ同じものを5株残した。このポット試験は屋外では行わず、帯広畜産大学地域連携センター付属温室で栽培した為に、成長が著しく遅く播種から収穫までに84日間を要した。

土壌分析

土壌は1~12の区とポット試験用の土壌の分析を行なった。分析結果は表1に記載する。

pH 分析

区の土壌の 4 つ角と中心部分の土壌を採取し混合したものを、土壌乾燥機で乾燥させたものをサンプルとした。測定方法は、ガラス電極法を用いて、 H_2O で測定するものと、 KCL で測定するものがあり 2 つとも測定した。サンプルを 100ml ポリビンに 10g 測り取り入れ、その中へ各々 H_2O 、 KCL を 50ml 入れ 30 分間振とうさせたものを pH メーター（HORIBA F-53 型）で測定した。

硝酸態窒素

採取したサンプルを 5g 試験管に測り入れたものに、脱イオン蒸留水を 25ml 入れ 1 分間振とうさせ、その上澄み液をスポイトで吸い取ったものを HORIBA 土壌用硝酸イオンメーター B742 のセンサー部分に 5 滴垂らし測定した。

EC

50ml プラスチック試験管にサンプルを 5g と純水 25ml を入れ、栓をして 60 分間振とうさせた後、懸濁液に EC 電極に浸し電気伝導度計で測定した。原理は土壌を純水で浸出し、その電気伝導率を測定することによって、塩類濃度を推定する。測定は 1 cm^2 の 2 枚の電極板を 1cm 間隔で溶液中においたとき、極間の電気抵抗値の逆数をこの溶液の比電気伝導率とよび、 S （ジーメンズ）/cm で表わせる。温度が 1°C 上昇すると電気伝導率は約 2% 増加するから、比電気伝導率の測定値は、通常 25°C に補正して表示する。（土壌養分分析法委員会編「土壌養分分析法」）

図1 圃場の区分け

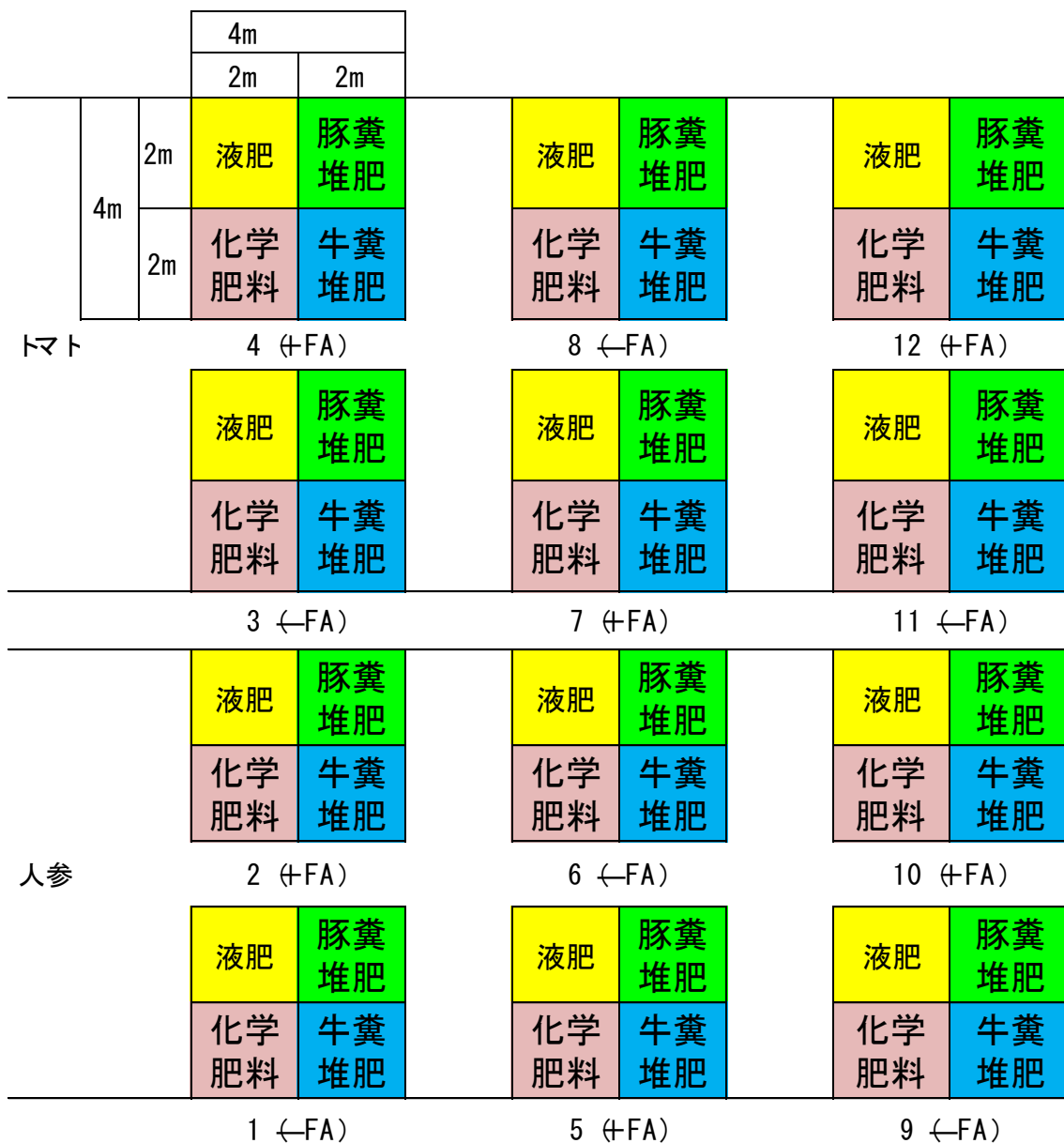


表 1 畜大圃場の成分

原土 畜大圃場)	pH (H ₂ O)	pH (KCL)	硝酸態窒素 (ppm)	EC
1	6.22	5.16	17	169.8
2	6.28	5.20	14	119.7
3	6.37	5.26	14	112
4	6.12	5.08	14	136
5	6.23	5.18	13	103.8
6	6.20	5.17	14	93.3
7	6.38	5.24	13	72.4
8	6.32	5.21	13	77.4
9	6.18	5.14	15	75
10	6.19	5.12	11	78.1
11	6.26	5.20	11	68.3
12	6.30	5.19	12	63.7
ポット試験用	5.70	4.94	18	53.1

表 2 有機資材の成分

有機質資材	窒素 (%)	リン酸 (%)	カリウム (%)	CN比	水分 (%)	亜鉛 (mg/kg)
牛糞堆肥	0.6	0.8	0.7	27	60	580
豚糞堆肥	3.31	3.43	1.49	9.6	24.9	
液肥	0.29	0.06	0.1	20.1	86.2	8.1

表 3 化学肥料・有機資材の畜大圃場への施用量

	化学肥料 (g/4m ²)	牛糞堆肥 (L/4m ²)	豚糞堆肥 (kg/4m ²)	食品残渣液肥 (kg/4m ²)
施用量	400	12	4	4

表 4 フルボ酸 成分表

prote ins (%)	sugers (%)	Vitam in C (m g/100g)	Na (m g/100g)	Ca (m g/100g)
2.3	0.6	6.06	233	2.3
Fe (m g/100g)	水分 (%)	pH	Zn (m g/L)	Cu (m g/L)
0.96	96.8	3.1	7.8	1.1

表 5 化学肥料 馬鈴薯用 2 号の成分

窒素 (N)	リン酸 P(20.5)	カリウム K(20)	マグネシウム Mg(0)
5.28	25.4	10.6	4.84

結果と考察

トマト

トマトの収穫は9月3日と9月13日の2回行い、その収量を記録し表5に示した。それぞれの全区画から収穫されたトマト1個あたりの重さの合計値を比較してみると、豚糞堆肥以外の化学肥料区、液肥区、牛糞堆肥区ではフルボ酸を施用した区の方が大きい結果となった。トマト1個あたりの重さの平均値は化学肥料のFA区が最も大きく、続いて液肥(FA) > 牛糞堆肥(FA) > 化学肥料区(フルボ酸無施用区)となり、最も小さい値になったのは、フルボ酸を施用していない液肥区となった。9月3日から9月24日までの期間に収穫・結実できたトマトの個数においても、最も多いのは150個の化学肥料区(FA)であり、最も少ないのは豚糞堆肥区(FA)となった。この3つの結果を見てみると、収量・重さの平均値ともに化学肥料区(FA)が最も大きい値を出しており、化学肥料とフルボ酸をともに施用した区で成長が最も良かったことが伺える。さらに、全体の収量の重さの値が一番低かったのは豚糞堆肥区(FA)であるが、トマト1個あたりの重さの平均値が一番小さいのが液肥区であった。図3の各区のトマト1個あたりの重さの割合の(図3)を参照すると化学肥料区では、重量が100g以下のものはFA区では35個収穫でき、FA区では25個になっている。それに対し、201g以上300g以下の重量のトマトはFA区では25個、FA区では41個収穫できた。豚糞堆肥区ではこのような傾向が著しいとは言えないかもしれないが、他の有機資材区(牛糞堆肥区および液肥区)でも同様な結果が得られた。この結果から、フルボ酸はトマトの果実を大きくする作用がある事が本研究では認められた。

本研究では、収量においては結実数が150個である化学肥料区(FA)が一番大きい値を示しており、収穫数においても比較的高い数値ではあった。

本研究では収穫したトマトのグルコース、全糖、アスコルビン酸含量の測定を行った。グルコース・アスコルビン酸の測定は共にRQフレックスの試験紙を用いた測定方法を使用した。測定方法であるが、グルコースの測定の場合は脱イオン水を50ml、アスコルビン酸の測定の場合は水を用いると、アスコルビン酸が変化してしまう可能性がある為、メタリン酸を50ml ミキサーにトマト50g とともに入れ、1分間ミキサーで混和した。2倍に希釈したトマトの果汁をスポイトで吸

い取り、2ml プラスチックビンにいれたものを遠心分離機によって遠心分離させ、その上澄み液に試験紙を RQ フレックス測定器の測定説明書に従い浸したものを、RQ フレックスで測定した。測定した値は図 4・図 5 に示した。

全糖の測定は ATAGO 社のポケット糖度計 PAL-1 を用い、グルコースの測定の際に遠心分離させた上澄み液を測定した。この結果は図 6 に示した。化学肥料 FA 区に着目してみると、アスコルビン酸では他より大きな値を示しているのに対し、グルコースでは最も低い値となっていた。これはグルコースの一部がアスコルビン酸に変化し作物中のアスコルビン酸含量を増加させた可能性を示唆している。しかし、豚糞堆肥区、牛糞堆肥区ではグルコース・アスコルビン酸の両方ともが FA 散布区で高い値を示していた。

表6 トマトの収量

	化学肥料	液肥	牛糞	豚糞	化学 (FA)	液肥 (FA)	牛糞 (FA)	豚糞 (FA)
全重 (g)	14830	12370	15465	13425	17400	15400	15980	11765
平均 (g)	148.3	143.8	145.9	149.2	170.6	169.2	156.7	147.1
最大値 (g)	360	380	370	370	430	360	380	370
最小値 (g)	30	30	30	30	30	50	40	60
個数 (9/3,9/13)	100	86	106	90	102	91	102	80
結実数 (9/3~9/24)	113	125	134	115	150	113	126	94

図2 トマト1個当りの重さ 平均値 グラフ

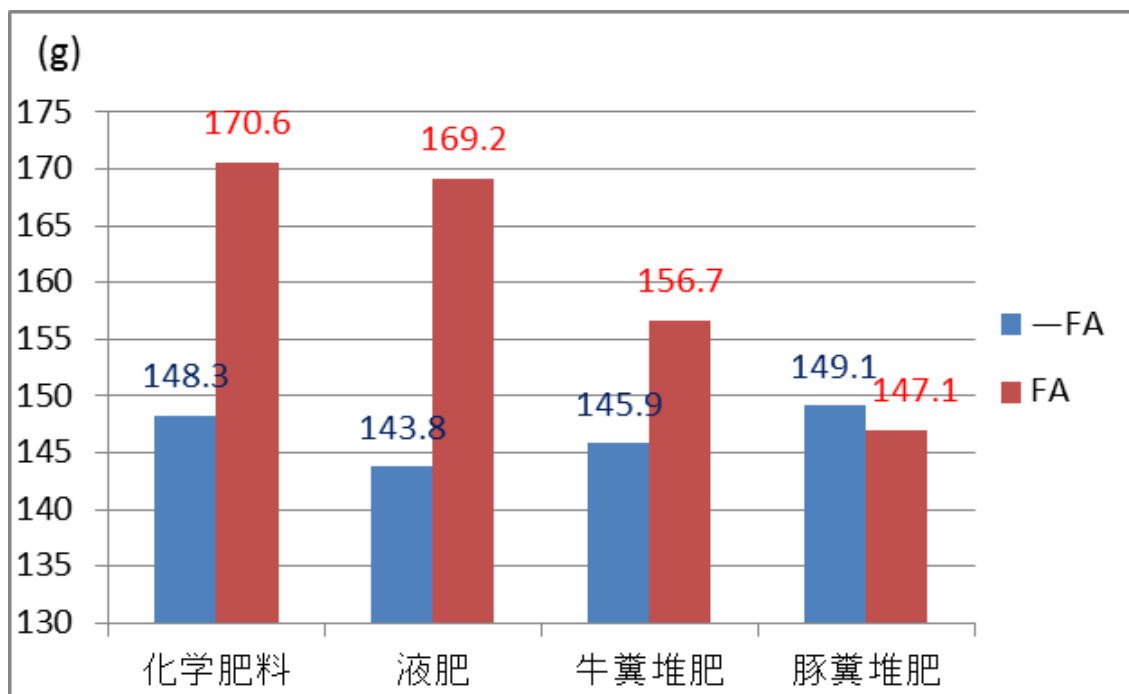
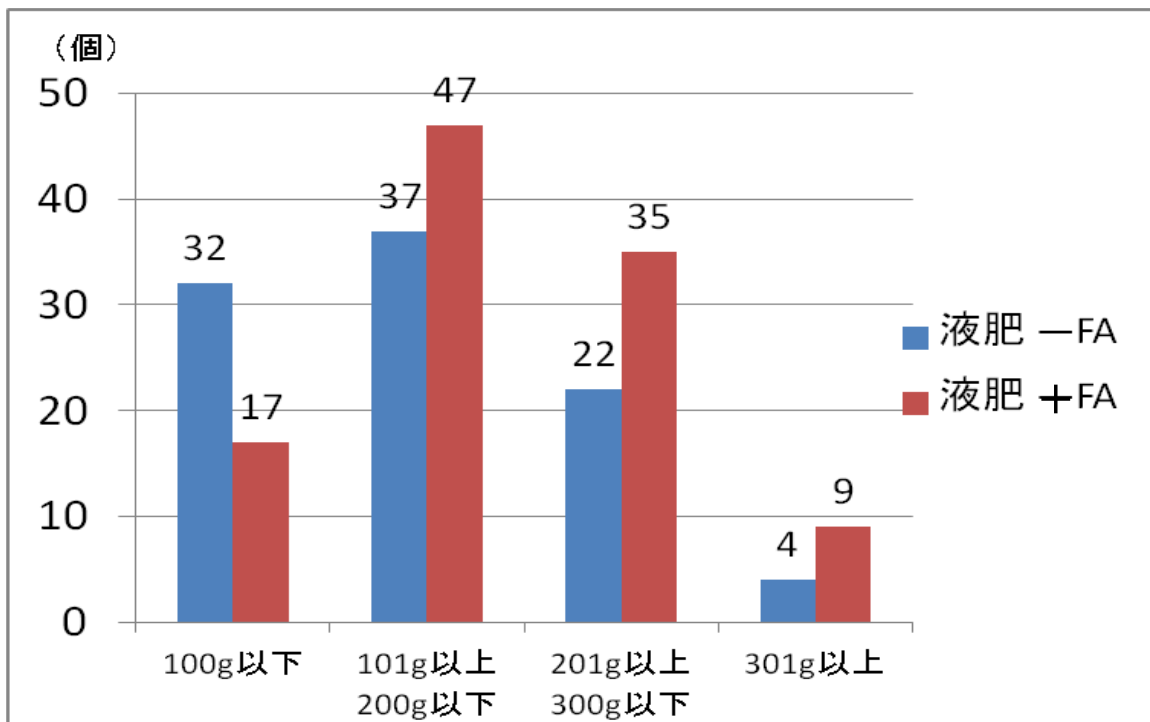
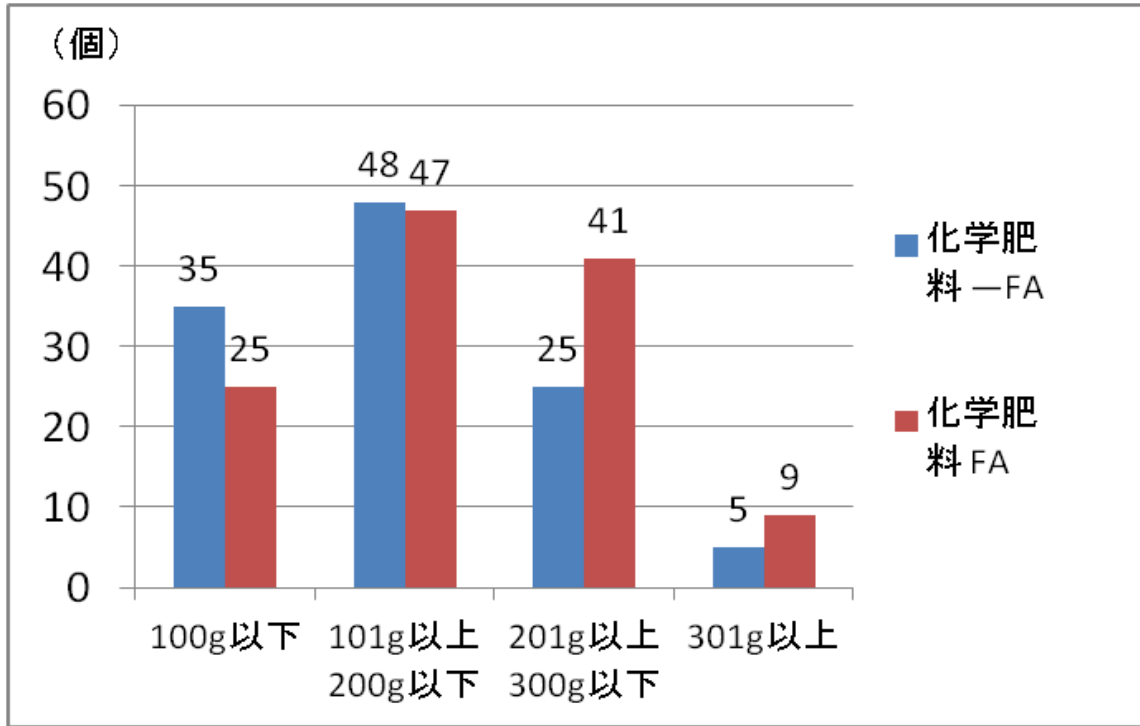


図3 各区のトマト1個あたりの重さの割合



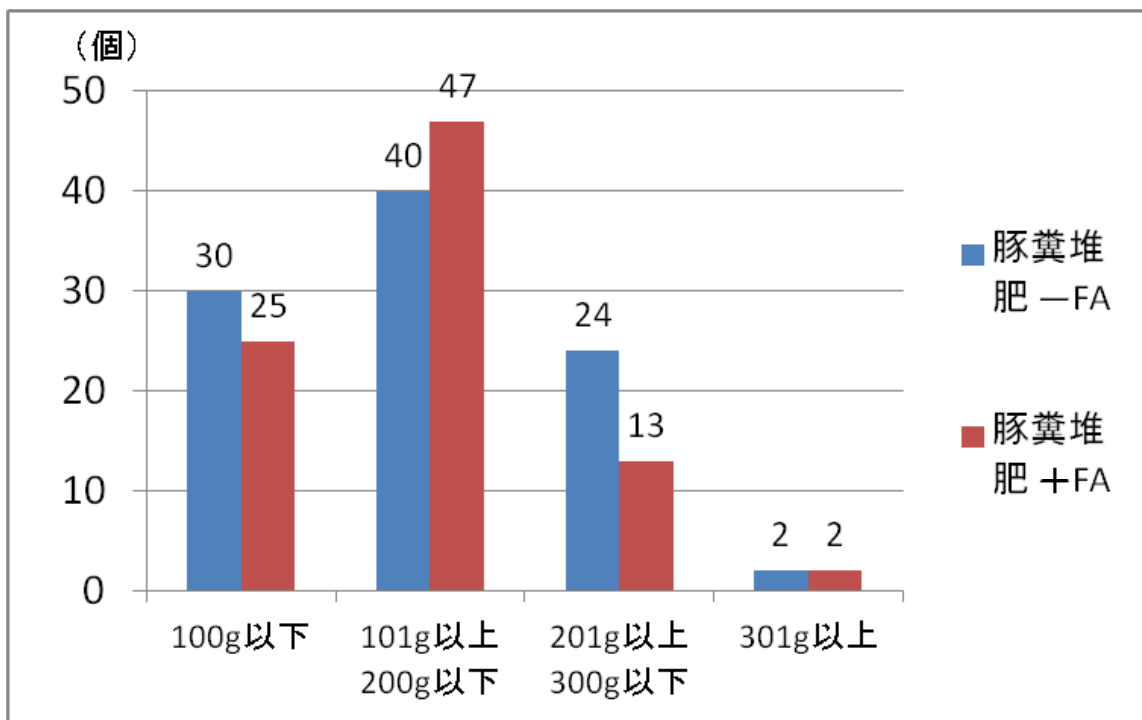
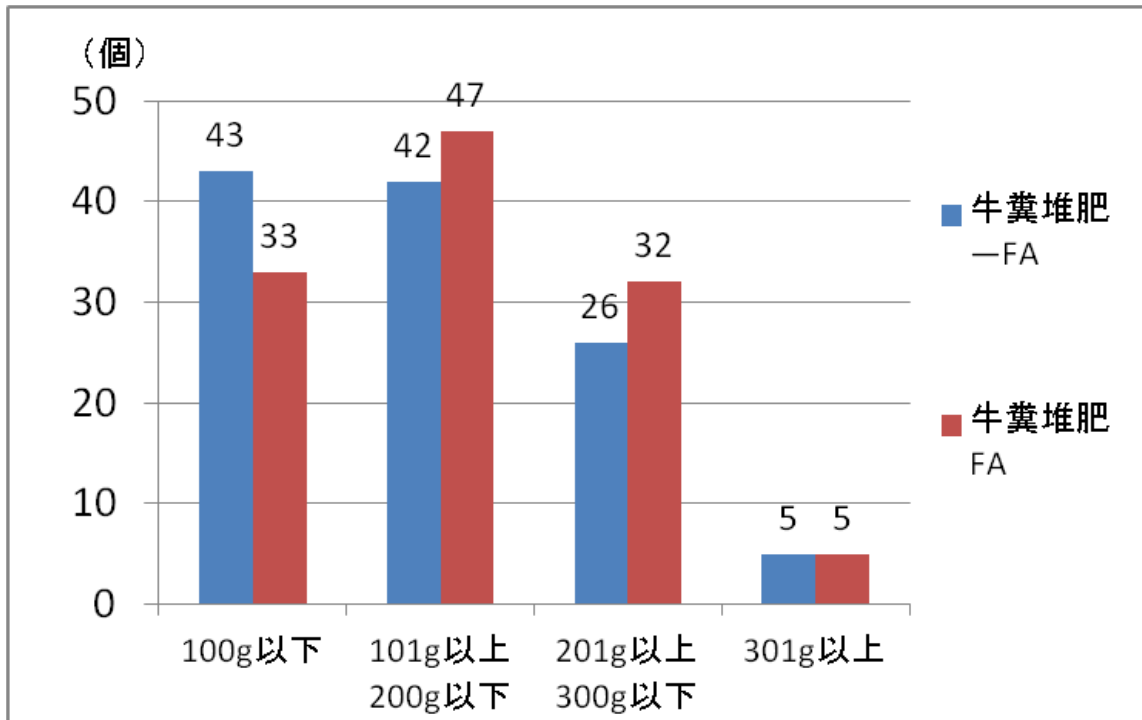


図4 トマト中のグルコース含量に対する各資材とフルボ酸の効果

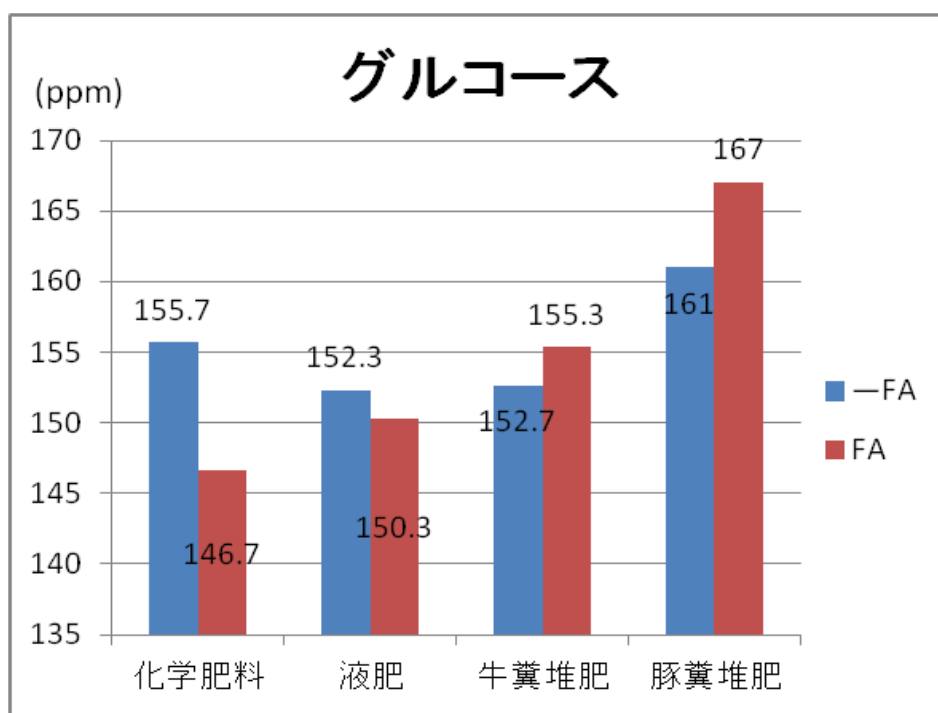


図5 トマト中のアスコルビン酸含量に対する各資材とフルボ酸の効果

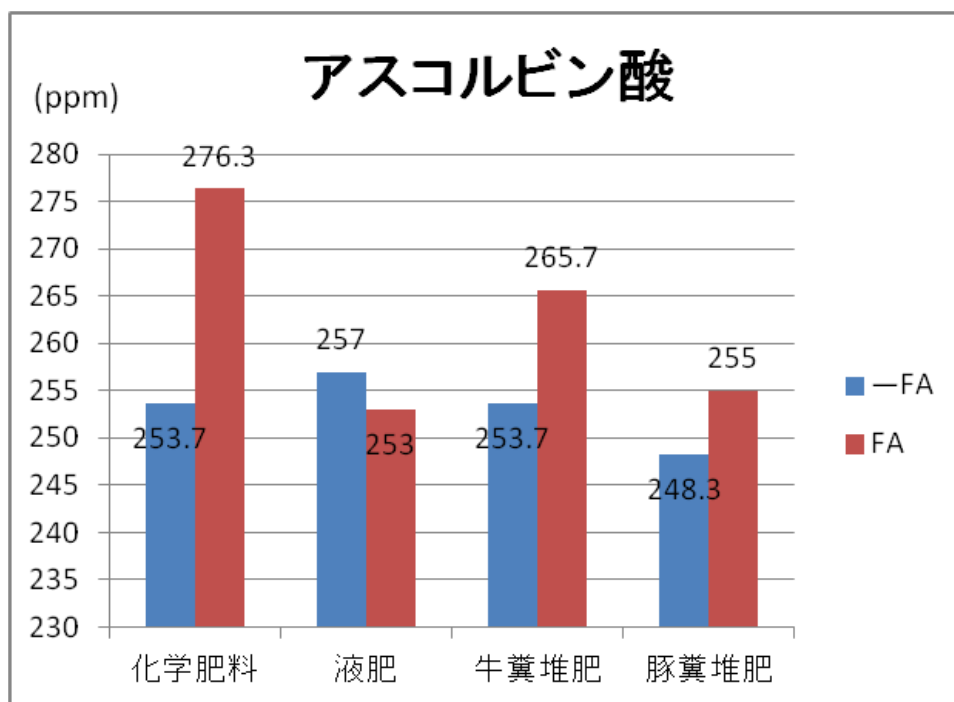


表 7 トマト中の糖度 (%)

全体平均		フルボ酸非散布区平均		フルボ酸散布区平均	
化学肥料	5.9	化学肥料	6.0	化学肥料	5.7
液肥	5.7	液肥	5.9	液肥	5.5
牛糞堆肥	5.6	牛糞堆肥	5.8	牛糞堆肥	5.4
豚糞堆肥	5.7	豚糞堆肥	5.6	豚糞堆肥	5.9

ニンジン

ニンジンの収穫は10月1日から10月5日にかけて行った。ニンジンの収量にはバラつきが多く見られ、うまく育てられなかった。間引きにおいても全ての区の株の本数を揃えるのは非常に難しく、株数にもバラつきが見られ、収量(図7)は、各肥料区の収量における違いやフルボ酸の生理活性作用の参考にはならないものだった。ニンジンの全糖の分析値を図8に示す。測定方法はトマトと同様であり、結果においてもトマトと同様各区で著しい差は認められなかった。

表8 ニンジン中の糖分 (%)

	化学肥料	液肥	牛糞堆肥	豚糞堆肥
—FA	4.4	4.4	5.6	5.2
FA	3.6	5.2	5.6	4.4

表9 ニンジン 収量

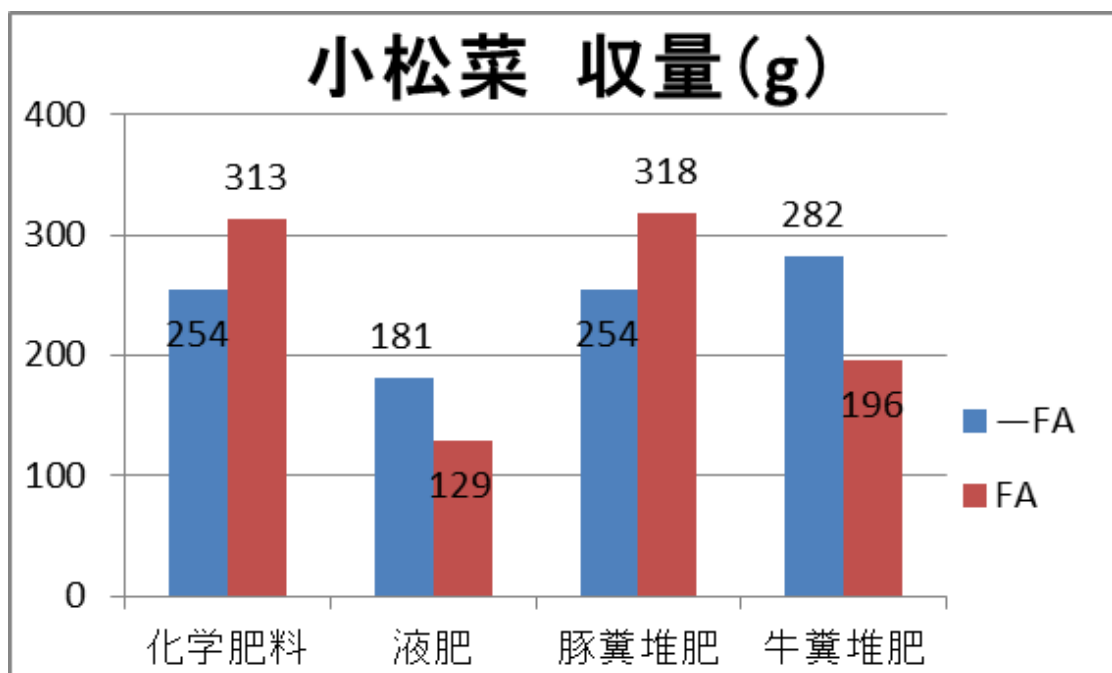
	全重量 (g)			1区の平均 (g)	
	—FA	FA	合計値	—FA	FA
化学肥料	15401	7160	22561	5133.7	2386.7
液肥	7917	7625	15542	2639	2541.7
牛糞堆肥	7545	6485	14030	2515	2161.7
豚糞堆肥	10385	5810	16195	3461.7	1936.7

小松菜

ポット試験における小松菜の収穫は10月26日に行い、その収量を記録し、硝酸体窒素、アスコルビン酸、グルコースを測定した。硝酸体窒素の測定方法は、小松菜の絞り汁を滴下するだけで測定ができるHORIBAの作物体用硝酸イオンメータ(B-741)を使用した。

アスコルビン酸とグルコースはトマトの時と同様に測定を行った。小松菜の収量(図7)はバラつきが多く液肥区・牛糞堆肥区ではフルボ酸を散布していない区の収量が多かったのに対し、化学肥料区・豚糞堆肥区ではフルボ酸を散布した区の収量が多い為、本実験の小松菜の収量に対してのフルボ酸の生理活性作用は認められない結果となった。

図7 小松菜 収量



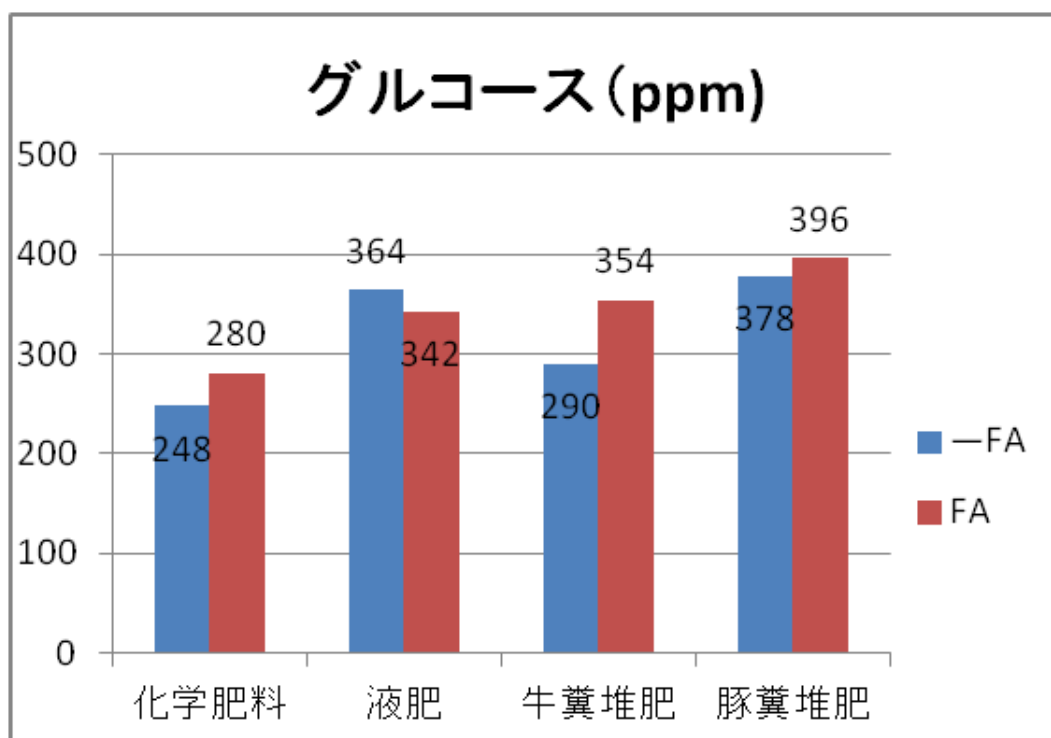
小松菜のグルコース含量は、液肥区では散布していない区のほうが高くなっていたため、フルボ酸を散布した区が総じて高くなっているわけではないが、化学肥料区、牛糞堆肥区、豚糞堆肥区ではフルボ酸を散布した区の方が高かった。アスコルビン酸含量は液肥区だけでフルボ酸施用により増大した。フルボ酸を散布した区と散布していない区のグルコース・アスコルビン酸含量の差は大きなものではないことや、液肥区では他の区とは逆の結果がでていることを考えると、小松菜中

ではグルコース含量が多ければ、アスコルビン酸含量が少ないといったような関係が推測できる。

さらに、図 9 の小松菜中の硝酸態窒素含量(図 9)を参照すると、大きな差を確認できた。化学肥料区では高い値を示しているのに対し、牛糞堆肥区では低い値となった。しかし、実際に与えた窒素の量は豚糞堆肥>液肥>牛糞堆肥>化学肥料の順となっていた為、与えた窒素量が小松菜中の硝酸態窒素量に直接関わっているとはいえない。有機資材中の窒素は大部分の有機態窒素であるため、化学肥料中の無機態窒素と比べて吸収速度が低いことを反映したものと考えられる。

前述したように、作物中の硝酸態窒素が増えるとアスコルビン酸やグルコース量が減るという報告があり、本研究でも化学肥料区のグルコース含量と硝酸態窒素含量においてそのような結果が得られた。化学肥料区の硝酸態窒素含量が極めて高いのに対し、グルコース含量は他の区より少なかった。

図 8 小松菜中のグルコース・アスコルビン酸含量



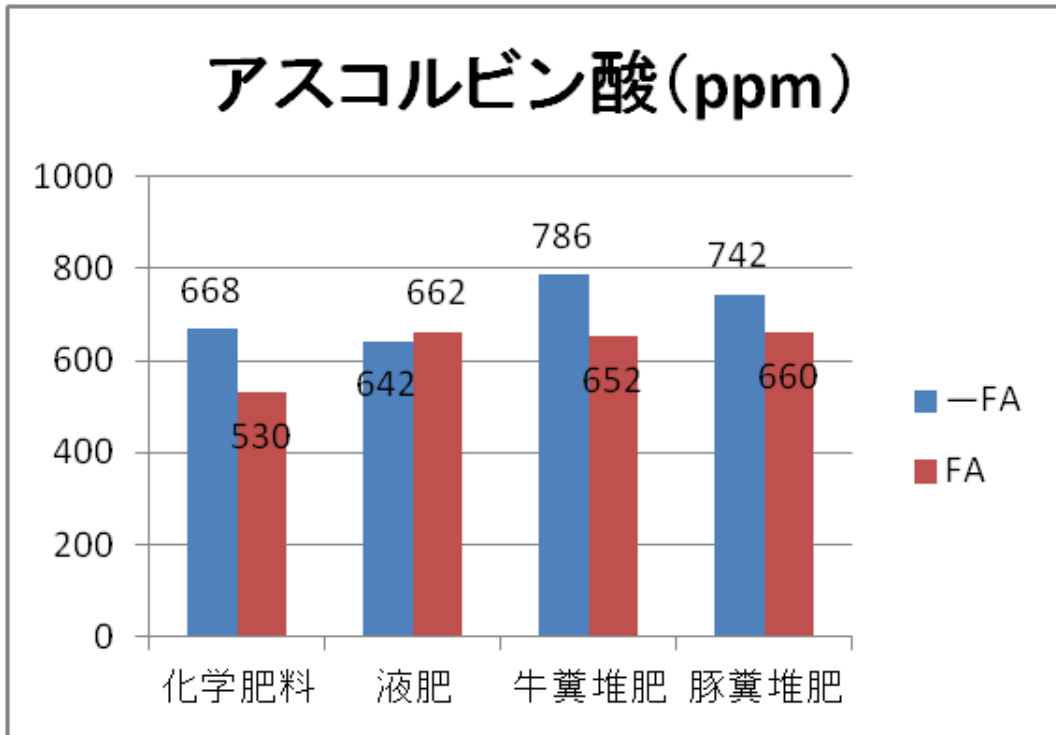
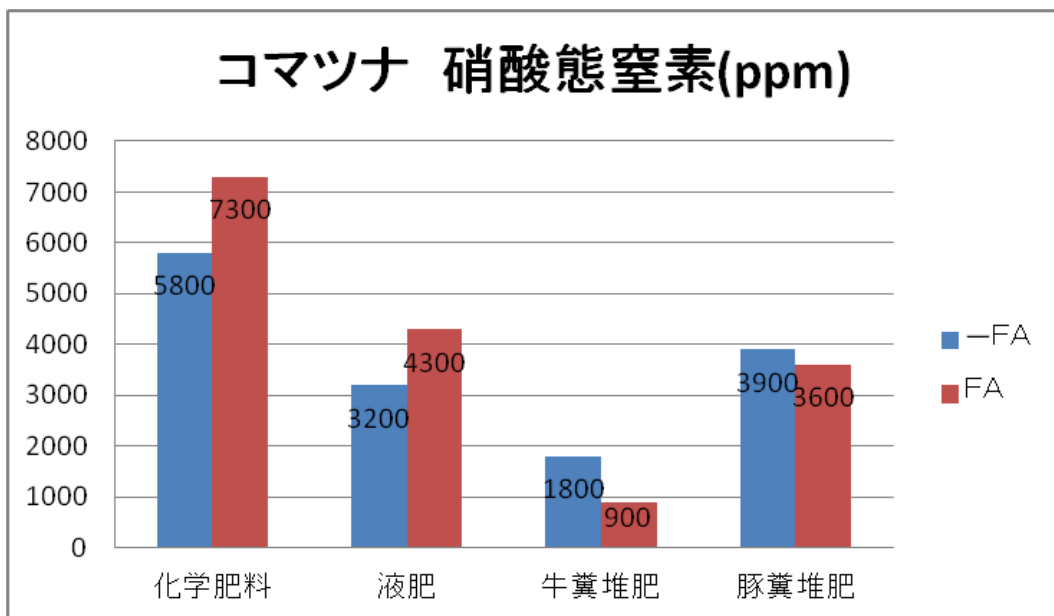


図 9 小松菜中の硝酸態窒素含量



要約

本研究では、化学肥料と食物残渣液肥、牛糞堆肥、豚糞堆肥の有機資材を用いてトマト、コマツナ、ニンジン栽培し、その収量・品質を調査した。さらにそれにフルボ酸を併用した場合のフルボ酸の効果を検討した。その結果、トマトは収量に目立った差はなかったものの、フルボ酸を施用した区の1個あたりのトマトの重量が大きくなった。トマト中のグルコース・アスコルビン酸においては化学肥料区ではグルコースが低くアスコルビン酸が高いという関係が見られたが、他の区では見られなかった。フルボ酸の効果も施用した区が一貫して高い値を示さなかった。ニンジンはうまく育てることができなかつた為、収量にはバラつきが多く、糖度にも大きな差が認められなかった。コマツナ中の硝酸態窒素含量は、化学肥料区で極めて多く、牛糞堆肥区では少なかった。しかし実際に与えた窒素量は、化学肥料区より牛糞堆肥区が多いことから作物による化学肥料中の窒素吸収率が高いことがわかった。硝酸態窒素含量とグルコース・アスコルビン酸には負の相関が見られる報告がされているが、本研究でも化学肥料区で同様の関係を確認できた。

おわりに

フルボ酸は注目されている物質の一つかもしれないが、価格や効果といった点でまだまだ多くの課題があると思います。本研究でもトマトの重量以外には著しい効果を確認することはできませんでした。トマトの重量の結果に関しても、これから繰り返し研究を試みる必要があると思います。また、本研究を通して有機栽培を広げていくには労力の軽減など様々な技術の推進が必要だと感じました。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご教授していただいた筒木潔教授。また、食物残渣液肥を譲ってくださった株式会社・不二建設に、ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

1. 張春蘭ら 水耕ホウレンソウならびに含有成分に及ぼす窒素濃度の影響 千葉大学学报 43 1-5(1990)
2. 池羽智子ら チンゲンサイのビタミンC、糖、硝酸含量に及ぼす品種、栽培条件の影響 茨城県農業総合センター研究所研究報告 13 17-23(2005)
3. 農林水産省 生産局農業環境対策課・有機農業の推進について(2009)
4. 農林水産省 生産局農産振興課・有機農業の現状と課題(2009)
5. 目黒孝司 ホウレンソウの内部品質向上試験からみた栄養診断の課題 農業技術 48 6-11 (1993)
6. 篠原 温 野菜の栽培条件と品質—特に光および施肥条件とアスコルビン酸含量との関係 筑波大農林学研究 3 9-14 (1987)
7. Cacco,G.,and Dell'Agnola,G.Plant growth regulator activity of soluble humic complex.62 306-310 (1984)
8. Pizzeghello,D.,Nicolini,G.,and Nardi,S. Hormone-like activity of humic substances in Fagus sylvatica forests. New Phytologist,151 1037-1046 (2001)
9. Sanchez-Monedero,M.A.,Cegarra,J.Garcia,D.,and Roig,A. Chemical and structural evolution of humic acids during organic waste composting.Biodegradation. 13 361-371 (2002)