

汁液分析によるトマトのセル成型苗の栄養診断 (第1報) 汁液分析法の検討および施肥量の違い、試料の保存の影響

篠原 温・塚越 覚*・小松映子
丸尾 達・伊東 正
(蔬菜園芸学研究室, *農場研究室)

The Diagnosis of Tomato Plug Seedling by the Extracted Sap Analysis 1. The Investigation of Sap Extraction Method, and Effect of the Amount of the Fertilizer and the Plant Sample Storage

Yutaka SHINOHARA, Satoru TSUKAGOSHI*, Eiko KOMATSU
Tooru MARUO and Tadashi ITO
(Laboratory of Vegetable Science, *University Farm)

ABSTRACT

The extracted sap analysis will become new diagnosis method for assesment of inorganic conditions in vegetable crops. In this study, tomato plug seedlings were used as plant materials, and the suitable dilution ratio and preparation method were determined. Subsequently, the effect of the amount of the applied nutrient and the effect of the preservation method on the mineral concentration in the extracted sap were investigated.

Considering the concentration of minerals in the extracted sap and the coefficient of variance, suitable dilution ratio of plant material to water was 1: 19 (weight: volume). The specific mineral concentration in the sap did not follow the amount of given nutrient when the plant growth was inhibited by low or high concentration of the nutrient.

The 5°C condition was suitable for the storage of the plant samples because the change in the mineral concentration in the sap was least. However, it seemed to be better that the sap extraction and analysis be done within three days after sample collection.

緒 言

野菜栽培においては「苗半作」と言われるように、優れた苗の育成が栽培の成功に不可欠である。苗質は、従来、外観や、生育・T/R比の測定等によって評価されてきた。一方、生理学的な苗質評価法として無機分析等があげられるが、ほとんど注目されてこなかった。これは、分析操作が煩雑であり、試料の採取から分析値を得るまでに、多くの労力、時間がかかることによる。

近年、苗生産が新たな産業として発達してきている。これは輸送性に優れ、機械移植にも適応するセル成型苗の普及によるところが大きい。セル成型苗は少量の培地で生育するので、慣行育苗と比較して肥培管理の影響が鋭敏に現れる。また、育苗期間が短く、生育の差が外見的に現れてから生育制御のための処理を行っても手遅れ

になる場合が多いため、より適当な苗質評価法が望まれている。

肥培管理を的確に行うには、人間の健康診断と同様に、植物においても、より簡便で迅速な栄養診断技術の開発が必要である。その方法のひとつとして汁液分析法が考えられている。ここで言う汁液とは、植物生体の搾汁液のことであり、汁液分析法では、主に葉柄の搾汁液中の無機成分濃度を測定する^[5]。この方法では、水溶性無機成分しか測定できないが、従来の分析法に比べ、操作が容易であり、分析値を迅速に得られるという利点を持つ。

汁液分析による野菜苗の栄養診断技術の確立には、標準化された抽出方法に従って、分析データを数多く収集しなければならない。また、実際の問題として、栽培の現場で抽出や分析を行うことは難しいため、苗は分析に供されるまで保存されることが考えられる。従って、貯蔵中の体内栄養成分の変化についても調査し、よりよい

第1表 抽出比率がトマト苗の汁液中無機成分濃度に及ぼす影響

希釈倍率	無機成分濃度 (ppm)					
	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
30 倍	111(29.1) ^Z	1551(29.1)	309(10.2)	3604(15.4)	1517(39.4)	1131(23.6)
20 倍	139(15.4)	1944(15.4)	253(7.1)	3390(19.9)	959(19.3)	989(13.6)
10 倍	77(16.4)	1083(23.6)	140(10.9)	2211(15.5)	615(10.2)	689(2.0)
5 倍	49(20.6)	1087(12.4)	86(8.5)	1208(4.0)	327(4.1)	371(10.0)
3 倍	82(30.2)	1147(31.3)	158(14.5)	1506(34.9)	344(8.4)	380(5.7)

Z: 括弧内の数値は変動係数(%)

保存条件を検討する必要がある。

これまでに、トマト、キュウリを用い、培養液の濃度・組成と汁液中成分濃度の関係^[6]や、試料の調整法および葉柄の採取部位の検討^[2]、汁液中の硝酸態窒素の適正域の調査^[4]等の研究がなされている。また、汁液分析法に関する問題点のなかで、試料の採取時刻はあまり重要でないこと^[1]、試料粉碎時間の影響はみられないこと^[3]等が明らかとなっている。しかし、汁液抽出の際の水と試料の適正比率や、試料保存の可能性等、不明な点が多く残っている。

そこで、本試験ではトマトセル成型苗を材料とし、汁液分析法の確立の一助として、[実験1]汁液抽出時における適正な希釈率、抽出条件の検討 [実験2]施肥量が苗の生育および汁液中無機成分濃度に及ぼす影響 [実験3]試料の保存条件、保存日数が汁液中無機成分濃度に及ぼす影響を調査した。

[実験1] 汁液の抽出法および抽出比率の検討

材料及び方法

英国ガンジー園芸指導所で、栽培中のトマトを対象に行っている方法は、特定の位置の葉柄20gを200mlの水および活性炭とともにミキサーにかけ、抽出液に少量の塩酸を加えた後、濾過して分析試料とする^[5]。

本試験での分析対象は、セル成型苗という小植物体であり、葉柄のみの分析では多くの株数を必要とするため、苗の地上部全体を汁液抽出の対象とした。また、予備実験の結果、活性炭の添加のみでは色素が除去しきれず、比色法による分析に適さなかった。そこで、葉中の色素分析法を参考とし、分液ロート中で、色素を酢酸エチル層に移行した。この操作を汁液層が透明になるまで繰り返した後、透明になった汁液層を濾過して試料とした。試料のpHは3.7程度だったため、酸は添加しなかった。

供試品種はトマト'ゆうやけ'とした。1993年10月22日に72穴セルトレイに播種した。培地にはピートモスとパー

ミキュライトを、1:1 (v:v) で混合したものを用いた。子葉展開時の10月28日から、園試処方1/2単位液を毎日2回灌液した。本葉2枚展開時にあたる11月5日に、汁液の抽出を行った。抽出比率は、試料(生体重):水(ml)=1:29, 1:19, 1:9, 1:4, 1:2とした。汁液中のNH₄-Nはネスラー試薬を使った比色法、NO₃-Nは紫外部吸光法、PO₄-Pはバナドモリブデン黄法、K, Ca, Mgは原子吸光光度法でそれぞれ測定した。測定は5反復とした。

結果及び考察

第1表に抽出比率と汁液中無機成分濃度の関係について示した。なお、表では試料と水の比率を希釈倍率として示した。濃度は、希釈倍率が高いほど高くなる傾向がみられ、最も高い測定値を示したのは希釈倍率20倍、あるいは30倍であった。

測定濃度の変動係数は、希釈倍率3倍で高く、20倍で小さい傾向が認められた。なかでもNH₄-N, NO₃-N, Kは、3倍で、変動係数が30%以上となり、顕著に大きかった。しかし、Ca, Mgは30倍での変動係数が最も大きかった。

希釈倍率が高いほど無機成分濃度も高くなったのは、加えた水の量が大きな要因であると考えられる。すなわち、3倍、5倍程度の希釈倍率では、試料に対して加える水の量が少なく、そのため水溶性無機成分が十分に抽出されず、測定濃度が低くなったと考えられる。栄養診断において、NO₃-N, PO₄-P, K濃度が、最も重要なものと考えられるため、これらの成分をある程度十分に抽出できるだけの水を加える必要があると思われる。従って、希釈倍率20倍あるいは30倍が適当と判断された。さらに、変動係数を考慮すると、誤差が小さい希釈倍率は20倍と考えられた。従って本実験の範囲では、汁液の抽出に最適な倍率は20倍であると判断し、今後の全ての実験には、以下に示すような抽出法を用いた。

汁液抽出法

1. 植物体生体: 蒸留水=1:19 (w:v) で混合し、

- ホモジェナイズする(植物体は、1~3gが適当)。
- 懸濁液を遠心分離器にかけ、上澄みを濾過する。
 - 2で得られた汁液を分液ロートに移し、約同量の酢酸エチルを加える。
 - 分液ロート内で、両層を混合し、汁液(上層)と酢酸エチル(下層)が分離するまで放置する。上層にまだ緑色が残る場合には、酢酸エチル層を取り除き、再び3~4の操作を繰り返す。
 - 透明になった汁液層を採取し、再度濾過して、無機成分分析用試料とする。

[実験2]施肥量の違いがトマト苗の生育および汁液中無機成分に及ぼす影響

材料及び方法

供試品種、培地は実験1に準じ、1993年11月20日に128穴セルトレイに播種した。子葉展開時にあたる12月1日

第2表 施肥量の違いがトマト苗の生育に及ぼす影響

調査日	処理区	葉数 (枚)	最大葉長 (cm)	草丈 (cm)	茎径 (mm)	地上部重 (g)
12月13日	少肥	2.4a ²	4.6a	7.6a	1.8a	0.36b ²
	標準	2.3a	5.1a	8.1a	1.9a	0.46a
	多肥	2.5a	4.5a	7.6a	1.8a	0.42ab
12月21日	少肥	3.4b	6.6b	9.6c	2.2b	0.75b
	標準	4.1a	7.6a	13.1a	2.6a	1.17b
	多肥	4.2a	8.3a	11.8b	2.6a	1.38a
12月27日	少肥	4.1b	7.7b	11.8b	2.4b	1.07c
	標準	4.7a	8.5a	14.4a	2.9a	1.78a
	多肥	4.8a	8.4a	14.4a	2.8a	1.60b

Z: ダンカンの多重検定により、各調査日について異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

に処理を開始した。処理区は、標準、少肥、多肥の3区とし、標準区は園試処方1/2単位液を、少肥区は1/8単位液、多肥区は2単位液を、毎日灌液した。灌液量は予備実験の結果よりトレイ1枚、1日あたり300mlとした。生育調査および汁液の抽出は本葉2枚展開時の12月13日および、21日、27日の計3回行った。調査個体数は10株とし、抽出は5反復行った。

結果及び考察

第2表にトマト苗の生育状況を示した。12月13日では、地上部重にのみ、施肥量の影響が認められ、標準区に比べて、少肥区で小さくなった。12月21日では、地上部重を除いて、少肥区が標準区に比べて小さくなった。地上部重は多肥区で最も高かった。12月27日では、地上部重を除いて、少肥区で最も小さく、標準区と多肥区で差がなかった。地上部重は、標準区で最も大きく、次いで多肥区、少肥区の順となった。

第3表に汁液のECおよび無機成分濃度を示した。12月13日では、Ca, Mgを除いて、多肥区で最も濃度が高くなった。窒素に関しては、少肥区と標準区で差がなかった。Mgは、施肥量が多くなると共に汁液中の濃度が低下した。12月21日について、汁液のECは、多肥区で最も高く、少肥区と標準区で差がなかった。NH₄-NおよびMg濃度は多肥区に比べて、少肥区で高くなった。一方、PO₄-P, K濃度は多肥区で高くなった。12月27日について、NH₄-Nは、施肥量が多くなると共に汁液中濃度が低くなり、12月21日と逆の傾向がみられた。NO₃-N, PO₄-Pは少肥区および多肥区で高くなり、Kは多肥区で最も高くなった。Ca, Mgは多肥区で最も低くなった。

汁液分析の結果より、展開葉数2枚程度の小苗では、施肥量の違いが、汁液中の無機成分濃度に明確な影響を与え、生育が進むにつれ、無機成分によって異なる傾向

第3表 施肥量の違いがトマト苗の汁液のECおよび汁液中無機成分濃度に及ぼす影響

調査日	処理区	EC (mS/cm)	無機成分濃度 (ppm)					
			NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
12月13日	少肥	0.84a ²	155b	1732b	224c	1827b	212a	578a
	標準	0.72b	177b	1929b	259b	2191ab	211a	520ab
	多肥	0.79a	210a	2318a	400a	2738a	268a	465b
12月21日	少肥	0.86b	149a	1540a	196b	2248b	1128a	997a
	標準	0.86b	114ab	1331a	234b	2418b	925a	841b
	多肥	0.94a	85b	1247a	298a	3750a	1068a	829b
12月27日	少肥	0.92a	149a	1510a	215b	2867b	1132a	1022a
	標準	0.80b	102a	792c	129b	2161b	936a	904a
	多肥	0.94a	64b	1147b	283a	3952a	552b	474b

Z: ダンカンの多重検定により、各調査日について異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

が現れた。窒素はその形態にかかわらず、生育が進むと減少する傾向にあった。これは栄養生長が盛んであった標準区、多肥区の植物体では、吸収した窒素のアミノ酸等への同化も盛んであり、水溶性窒素の含有量は低くなったためと思われる。このことは生育の遅れがみられた少肥区において、窒素濃度の変化が小さかったことから裏付けられる。PO₄-Pについて、少肥区の変化が他の区に比べ小さくなったのも、窒素と同様の理由によると考えられた。Ca, Mgは処理最終日の27日に、多肥区で顕著な濃度低下がみられたが、これは高濃度の培養液を灌漑したために培地中のイオン濃度が著しく高くなり、Kとの拮抗作用により吸収が阻害されたためと考えられ、池田ら^[2]の報告と一致した。

本実験の結果より、一般に汁液中無機成分濃度は、施肥量が多いほど高くなるが、生育抑制が生じるような、少肥あるいは多肥の場合には、必ずしも施肥量を反映するとは限らず、正常な植物に比べて、少肥で高い、あるいは多肥で低い値を示す可能性があることが明らかとなった。よって、施肥量だけでなく、特定の無機成分の欠乏を生じている植物体を用いた、データの収集が、栄養診断の基準値の確立に不可欠であると考えられた。

[実験3] トマト苗の保存法が汁液中無機成分に及ぼす影響

材料及び方法

供試品種、培地は実験1に準じ、1993年10月27日に72

穴セルトレイに播種した。子葉展開時の11月1日から、園試処方1/2単位液の灌漑を開始した。本葉4枚展開時の11月24日に、生育調査を行い、保存実験に供した。処理は、保存法について冷蔵(5°C)、冷凍(-20°C)、室温(約15°C)の3水準、保存日数について、1日、3日、5日、7日の4水準を組み合わせた12区に、生育調査と同日に汁液を抽出した無保存を加えて計13区とした。保存中、植物体はビニール袋に密封した。また、抽出時に加える水の量は、保存前の生体重を基準とした。調査個体数等は実験2に準じた。

結果及び考察

試料採取日および保存後に抽出した汁液の無機成分濃度を第4表に示した。NH₄-Nについては、全ての保存法において、短期間の保存日数で、汁液中濃度が高くなる傾向が認められ、5~7日保存で、無保存と同様の濃度となった。NO₃-Nは、処理区間にほとんど差がなかったが、無保存と最も近い値が得られたのは冷凍・3日保存であった。また、保存日数に関わらず濃度が安定していたのは冷蔵であった。PO₄-P濃度と処理との間には、一定の傾向は認められなかったが、冷蔵・3日保存を除いて、無保存とほぼ同様の値が得られた。Kは、冷蔵条件下で最も安定し、冷凍では、保存日数が長くなるに従って濃度が低下した。また、室温では、全ての保存日数で、無保存に比べ極端に低い値になったが、保存日数が長くなると、濃度が高くなった。Caも冷蔵で安定したが、無保存の値よりやや高かった。また、冷凍、室温では、保存日数が長くなるほど濃度が低くなる傾向がみられた。

第4表 トマト苗の保存法および保存日数が汁液のECおよび汁液中無機成分濃度に及ぼす影響

処 理 区	保 存 法	保 存 日 数	EC (mS/cm)	無 機 成 分 濃 度 (ppm)					
				NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg
無 保 存			0.96a ²	197d	2450b	201bc	3648ab	342b	667abc
冷 蔵	1 日		0.95a	323cd	2210b	122ef	4690a	488ab	679abc
	3 日		0.89a	524a	2256b	91f	4404a	515ab	575bc
	5 日		0.93a	358bc	3206a	213b	3931a	457b	637abc
	7 日		0.93a	239cd	2110b	178bcde	4571a	509ab	668abc
冷 凍	1 日		0.87ab	301cd	1871b	124def	4508a	474b	541c
	3 日		0.97a	491ab	2446b	181bcde	2800b	551ab	644abc
	5 日		0.85ab	190d	2050b	170cdef	2180b	287b	588c
	7 日		0.88a	208d	1840b	200bc	1525c	377b	696ab
室 温	1 日		0.89a	459b	2353b	190bcd	260d	688a	617abc
	3 日		0.92a	235cd	2301b	124def	502cd	508ab	743a
	5 日		0.87ab	307cd	2104b	269a	655cd	475b	593abc
	7 日		0.74b	242cd	2143b	228ab	1069cd	421b	643abc

Z: ダンカンの多重検定により異なるアルファベット間に5%水準で有意差あり

Mgは処理区間の差が小さかったが、なかでも冷蔵が安定していた。全体的に、保存日数の違いによる濃度の変動が小さかったのは、冷蔵であった。

冷蔵条件下において保存日数による濃度の変動が最も小さかったことより、試料の保存には、冷蔵が適当であると思われた。しかし、Kは最も保存による影響を受けやすく、これは保存中の水分の損失や、イオンの漏出等によるものと思われた。また、全ての保存条件において、日数5日、7日で汁液のpHが高くなったことより(データ省略)、この時期にはすでに有機酸等の分解が起こっていると考えられた。よって、汁液分析に用いる植物試料は、冷蔵(5°C前後)条件で保存し、試料採取後少なくとも3日以内に汁液の抽出、分析を行う必要があると考えられた。

摘 要

汁液分析による野菜苗の栄養診断法の確立のため、トマトセル成型苗を材料とし、汁液抽出時の適正な希釈倍率、抽出法の検討、施肥量と苗の生育、汁液中無機成分濃度との関係、試料の保存が汁液中無機成分濃度に及ぼす影響を調査した。

各無機成分濃度の測定値およびそのばらつきを考慮し、試料と水の比率は1:19(gFW:ml)が適当であると判断した。一般に汁液中無機成分濃度は、施肥量を反映するが、生育抑制が起きるような、少肥あるいは多肥の場合には、必ずしも施肥量を反映するとは限らず、標準の植物に比べて、少肥で高い、あるいは多肥で低い値を示す可能性があることが明らかとなった。冷蔵条件下(5°C)において保存日数による無機成分濃度の変化が最も小さ

かったことより、試料の保存には、冷蔵が最適であると思われた。また、汁液分析に供試する植物試料は、採取後少なくとも3日以内に汁液の抽出、分析を行う必要があると考えられた。

補 注

本研究は平成4~6年度科学研究費補助金(試験研究B, 04556004)によって行われた。

引用文献

- [1] 何 毅清・寺林 敏・並木隆和(1994): トマト葉柄の汁液分析における採取時の天候及び採取時刻による無機養分濃度の差異, 園学雑, 63別1, 302-303.
- [2] 池田英男・宇留嶋美奈・鈴木芳夫(1991): 園芸作物の栄養診断に関する研究, (第2報) 試料の調整法ならびにトマト葉柄より採取した汁液の無機要素濃度, 園学雑, 60別2, 330-331.
- [3] 犬伏芳樹(1993): トマトの汁液分析, ホモジネート時間, (未発表).
- [4] 六本木和夫(1991): 果菜類の栄養診断に関する研究, (第1報) 葉柄汁液の硝酸態窒素に基づくキュウリの窒素栄養診断, 埼玉園試研報, 18, 1-15.
- [5] SMITH, D.L. (1989): 野菜・花きのロックウール栽培(池田英男, 篠原 温訳), 誠文堂新光社, 東京, 116-122, 208-210.
- [6] 田中和夫・島地英夫・糸川圭一・佐藤恵一(1991): 汁液分析によるトマトの栄養診断, 園学雑, 60別2, 328-329.