

愛媛大学農学部農場報告

(Bull. Exp. Farm Fac. Agr., Ehime Univ.) 38: 1-8 (2016)

論文

生竹・竹堆肥マルチが温室トマトの生育と収量に与える影響

八木 赳憲¹⁾・当真 要^{*2)}・森田展樹²⁾・石掛桂士¹⁾・阿立真崇¹⁾
山下陽一¹⁾・上野秀人²⁾・長崎信行³⁾

Effect of mulching by bamboo powder or compost on growth and yield of tomato.

Takenori Yagi¹⁾, Yo Toma^{*2)}, Nobuki Morita²⁾, Keiji Ishikake¹⁾, Masataka Adachi¹⁾
Yoichi Yamashita¹⁾, Hideto Ueno²⁾, Nobuyuki Nagasaki³⁾

Summary

We investigated the effect of mulching with bamboo powder or composted bamboo powder on the growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum*). Three treatments were set up: control (C), bamboo powder mulching (B) and composted bamboo powder mulching (BC) at three replications. Six days after the transplanting on April 13, 2015, soil surface in B and BC was covered by the materials. Plant growth, fruit yield, plant biomass, N, K, and Ca uptake were measured. Amounts of leached N, K, and Ca were measured and those nutrient use efficiencies were calculated in B and BC. Soil chemical characteristics, soil temperature, and soil volumetric water content were also measured. Plant height in BC from 19 to 49 days after transplanting was higher compared to that in C. Fruit yield in BC was significantly higher than C. Amounts of leached N and K from applied materials were 7-17% and 12-23% of fertilized N and K, respectively. This suggested that leached nutrient might enhance plant growth and yield. Because average weight of fruit and the ratio of blossom end rot were higher and lower in B and BC than those in C, respectively, the leached nutrient might stimulate an enlargement of fruit. While soil water content was lower in B and BC due to the mulching, supplying K and Ca from the materials might worked for suppressing blossom end rot of fruit. Thus, application of bamboo powder and composted bamboo powder as a material for soil mulching can increase tomato growth and yield and decrease blossom end rot of fruit.

*責任著者 (Corresponding author, toma@agr.ehime-u.ac.jp)

1) 愛媛大学農学部 (Faculty of Agriculture, Ehime University)

2) 愛媛大学大学院農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Ehime University)

3) 長崎工業株式会社 (Nagasaki Industry Co. Ltd.)

結 言

近年、日本各地の農村地域において放置竹林が増加しており、愛媛県でも主にモウソウチク (*Phyllostachys edulis*) が優先する放置竹林が拡大している (愛媛県, 2013)。従って、これら竹の有効活用が試みられており、農業分野では竹を粉碎し堆肥化させた資材を使用した竹肥料栽培が注目を集めている。これらの竹資材を畑に供給することで、竹に含まれる無機養分が畑に供給され作物の収量増加や土壌の物理性・生物性・化学性の改善が期待される。一方で、竹は C/N が高く (100~200)、土壌への混和は窒素飢餓が生じる可能性がある。したがって本研究では、窒素飢餓を回避するために竹資材を土壌被覆のためのマルチ資材として利用することに着目し、トマトを栽培するハウス土壌にて竹資材による土壌の被覆がトマトの生育や収量・品質に与える影響について検証した。

材料および方法

全処理区 2015 年 2 月 12 日にバスアミドガス微粒剤を散布し、14 日後にガス抜き後に肥料を全面全層施用した。追肥は施用せず、窒素 (N)、リン酸 (P_2O_5) カリウム (K_2O) の施用量はそれぞれ 8.90、12.0、28.0 g m⁻²であった。施用した化成肥料 (腐植酸・有機苦土入り高度 042, サンアグロ株式会社) は 88.7 g m⁻²、炭酸カルシウム肥料 (くみあい粒状苦土炭酸石灰, 大日本ドロマイト鉱業株式会社) は 177 g m⁻²、ケイ酸カリ肥料 (くみあいほう素入りけい酸カリ肥料 20-34, 開発肥料株式会社) は 88.7 g m⁻²であった。灌水は 5 月 2 日から週 7 日実施し、5 月 18 日以降は週 2 日で行った。1 日の灌水量は 9.15 L m⁻²であった。

調査地

試験は愛媛大学農学部附属農場のガラスハウスにて、2015 年 4 月 13 日から 9 月 6 日の計 146 日間

で実施した。資材施用前のハウス内土壌の化学性を第 1 表に示した。土壌は砂が 82.24 %、シルトが 8.00 %、粘土が 9.76 %の砂壤土であった。仮比重は 0.86 g cm⁻³、飽和透水係数は 9.2×10^{-5} m s⁻¹であった。供試した生竹 (生竹粉)、竹堆肥の成分を第 2 表に示す。体積当たりの重さ (比重) は、記載されている値および施肥時に測定した。

試験区および栽培管理

4 月 19 日に、資材を被覆しない裸地状態の対照区 (C)、生竹粉を新鮮重で 3.3 kg m⁻² 被覆した生竹被覆区 (B)、竹粉を堆肥化した竹堆肥を同量被覆した竹堆肥被覆区 (BC) の 3 処理区をそれぞれ 3 反復の計 9 区画を設けた。用いた生竹粉および竹堆肥の化学性を第 2 表に示した。各処理区の面積は 1.5 m² (1.0 m × 1.5 m) とした。

第 1 表 資材施用前のハウス内土壌の化学性
(平均±標準誤差、n = 9)

項目	単位	値
pH (H ₂ O)		7.03 ± 0.04
EC	(mS cm ⁻¹)	0.82 ± 0.03
含水率	(%)	19.0 ± 0.23
NO ₃ ⁻ 含量	(mg N kg ⁻¹)	62.6 ± 5.00
NH ₄ ⁺ 含量	(mg N kg ⁻¹)	124 ± 12.4
可給態 P ₂ O ₅ 含量	(g P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	4.93 ± 0.19
CEC [§]	(cmol _c kg ⁻¹)	21.7 ± 1.18
交換性 K ⁺ 含量	(g K kg ⁻¹)	1.40 ± 0.08
交換性 Ca ²⁺ 含量	(g Ca kg ⁻¹)	5.31 ± 0.12
交換性 Mg ²⁺ 含量	(g Mg kg ⁻¹)	0.98 ± 0.02
交換性 Na ⁺ 含量	(g Na kg ⁻¹)	0.32 ± 0.01
塩基飽和度	(%)	185 ± 7.20
全炭素含量	(%)	5.96 ± 0.97
全窒素含量	(%)	0.53 ± 0.21
C/N		11.4 ± 2.86

[§] Cation exchange capacity

被覆の厚さはB区で3 cm、BC区で2 cmであった。供試作物はトマト (*Solanum lycopersicum*) とし、品種は桃太郎ファイト (タキイ種苗) を用いた。1区画3個体、合計27個体を2条千鳥植えて供試した。地温 (5 cm) および土壌体積含水率 (0-10 cm) については、それぞれ温度とり Jr. (TR-52S, T&D) を1区画に1個ずつ (計9箇所)、およびデータロガー (Em50, DECAGON) と水分センサー (ECH2O 5TE, DECAGON) を用いた。水分センサーは深さ5 cmの位置に土壌表面と水平になるように、C区の1区画、BおよびBC区にはそれぞれ2区画に設置した。

被覆資材からの浸透水

処理区設置時に、プラスチック製トレイ (縦30.5 cm、横21.5 cm) に生竹粉および竹堆肥をそれぞれ 3.3 kg m^{-2} 充填し、B区とBC区の各区画に1つつ計

6個設置した。トレイは、灌水時に資材から浸透した溶液がトレイ下に設けたポリビン (1 L) に集められる構造になっている。5月2日から9月6日まで1週間に1度溶液を採取し、液量を測定し $0.45 \mu\text{m}$ のシリンジフィルター (CA033045SOSFCA, ASONE) を用いてろ過後、硝酸メーター (twin B-741, HORIBA) で NO_3^- 含量を、原子吸光光度法により全K含量と全Ca含量を測定した。

生育および収量

草丈と葉色値を2週間に1回の頻度で測定した。葉色値は各個体の第一花房直下、第二花房直下、第三花房直下の葉を測定対象とし、葉身を葉柄に近い位置、中間、先端の3箇所に分け、葉緑素計 (SPAD-502, KONICAMINOLTA) で3箇所の測定値の平均を記録した。収穫は6月22日から8月10日まで8回おこなった。すべての期間の果実は傷・尻腐れのない正品果とそれ以外の非正品果に分け、それぞれの新鮮重と果実数を記録した。6月22日から7月27日までの6回において、第一果房から第三果房に位置する正品果は糖度 (Brix) と酸度を、糖酸計 (ポケット糖酸度計, ATAGO) で測定した。

植物体が吸収した養分量および被覆資材由来養分利用率

試験終了時に、各処理区9株の計27株の茎葉および根を採取した。果実の試料は収穫調査時に採取したものを用いた。根は株を中心に 0.06 m^2 ($30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$) の範囲の15 cm深までにあるものを採取した。採取後は通風乾燥機により 75°C で48時間以上乾燥させた後の乾物重を求め、炭素窒素自動分析計 (Sumigraph NC-80 auto, Sumika) にて微粉碎試料の全N含量、硝酸と過塩素酸を用いた湿式分

第2表 生竹粉および竹堆肥の理化学性
(平均±標準誤差、 $n = 3$)

項目	単位	値	
		生竹粉	竹堆肥
比重	(g cm^{-3})	0.15	0.20
含水率	(%)	47.5 ± 0.36	66.5 ± 0.12
pH		6.9 ± 0.0	5.7 ± 0.1
EC	(mS cm^{-1})	1.28 ± 0.01	0.20 ± 0.00
NO_3^- 含量	(mg N kg^{-1})	2.48 ± 0.12	4.67 ± 0.08
NH_4^+ 含量	(mg N kg^{-1})	5.17 ± 1.54	4.83 ± 0.12
全リン酸含量	($\text{g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$)	0.66 ± 0.02	0.66 ± 0.08
全K含量	(g K kg^{-1})	4.42 ± 0.33	1.54 ± 0.02
全Ca含量	(g Ca kg^{-1})	0.02 ± 0.02	0.25 ± 0.04
全Mg含量	(g Mg kg^{-1})	0.23 ± 0.04	0.39 ± 0.03
全Na含量	(g Na kg^{-1})	0.05 ± 0.07	0.06 ± 0.03
全C含量	(g C kg^{-1})	463 ± 4.14	456 ± 2.78
全N含量	(g N kg^{-1})	3.86 ± 0.21	6.26 ± 0.16
C/N		122 ± 6.19	72.9 ± 1.51

含水率、pH、EC、 NO_3^- -N含量、 NH_4^+ -N含量は森田 (2016) より引用。

解試料の全 K および Ca 含量を原子吸光光度法で測定した。被覆資材に由来する養分の植物による利用率（被覆資材由来養分利用率）は次の式から求めた。

$$\text{被覆資材由来養分利用率 (\%)} = \frac{(\text{B、BC 区の養分量吸収量} - \text{C 区の養分吸収量})}{(\text{B、BC 区の施用資材からの養分溶出量})} \times 100$$

土壌下方流亡量については今回の灌水状況から下方に流亡していないと仮定し、0 と近似した。

土壌採取および分析項目

1 ヶ月に 1 回、深さ 10 cm までの土壌を 1 区画 3 地点から採取し、それらを混合して 1 区画 1 試料とした。土壌 pH は土壌 5 g に対し脱塩水を 12.5 g 加え 1 時間振とうした後、pH メータ (B-212, HORIBA) で測定した。土壌 pH の測定後に脱塩水を 12.5 g 加え、手で振とうした後 EC メータ (B-173, HORIBA) で土壌 EC を測定した。土壌 NH_4^+ および NO_3^- 含量は、土壌 10 g に対し 2M の KCl を 100 mL 加え 1 時間振とうした懸濁液を No.2 のろ紙でろ過した後、インドフェノール青および塩化バナジウム (III) を用いた比色法にて測定した。土壌可給態リン酸含量は採取した土壌の風乾細土試料を用い、Truog 法を用いて酸可溶性のリン酸を抽出し（土壌：抽出液=1：200）、モリブデン青比色法にて測定した。土壌交換性 $\text{K}^+ \cdot \text{Ca}^{2+}$ は風乾細土試料を用い、バッチ法を用いて土壌中に含まれる陽イオンを NH_4^+ で置換し（土壌：抽出液=1：200）、原子吸光光度法にて測定した。上記土壌分析は一般的な手法を用いた（土壌環境分析法, 2000）。

統計解析手法

全ての統計処理にはフリーソフト 'R' (var. 3.1.0) を用いた。処理区間の差の検定には Welch の一元配置分散分析を用い、処理区間に差があった場合は多重比較検定 (Tukey) を用いた。生竹粉および竹堆肥から溶出した N、K、および Ca 量の差は *t* 検定にて評価した。

結 果

生育の推移および収量

草丈は定植後 19 日目まで各処理区とも 37~41 cm にまで上昇したが、その後は C 区よりも B 区で 5~10 cm、BC 区で 7~11 cm 高く推移した。19 日目に BC 区、42 日目に B・BC 区、48 日目に BC 区がそれぞれ C 区よりも有意に高かった ($P < 0.05$)。葉色値はいずれの花房直下の葉でも処理区間において有意差はなかった。第一花房直下は 19~48、第二花房直下は 47~55、第三花房直下は 50~57 で各処理区同様な推移を示した。

収量および糖度、酸度、糖酸比を第 3 表および第 4 表に示した。収量は総量で BC 区が C 区よりも有意に高かった。個数は全ての項目で有意差はなかった。1 果あたりの重さは、正品果、非正品果および総量それぞれにおいて BC 区が C 区よりも有意に重かった。非正品果率は C 区が最も高く BC 区が最も低くなる傾向がみられた。糖度、酸度、糖酸比はそれぞれ各処理区間に有意差はなかった。

第3表 収量、個数、1果あたりの重さおよび非正品果率（平均値、 $n = 3$ ）

処理区	正品果			非正品果			総量			
	収量 (kg 株 ⁻¹)	個数 (個 株 ⁻¹)	1果あたり の重さ (g 個 ⁻¹)	収量 (kg 株 ⁻¹)	個数 (個 株 ⁻¹)	1果あたり の重さ (g 個 ⁻¹)	非正品 果率 (%)	収量 (kg 株 ⁻¹)	個数 (個 株 ⁻¹)	1果あたり の重さ (kg 株 ⁻¹)
C	0.36 a	5.0 a	70.0 b	0.97 a	14.0 a	69.9 b	73.7 a	1.33 b	19.0 a	70.1 b
B	0.56 a	5.8 a	97.1 ab	1.30 a	16.6 a	78.5 ab	69.8 a	1.86 a	22.3 a	83.2 ab
BC	0.62 a	5.9 a	108 a	1.30 a	13.8 a	94.6 a	67.2 a	1.92 a	19.7 a	97.8 a

異符号間に有意差有り ($P < 0.05$)。

第4表 糖度、酸度および糖酸比（平均値、 $n = 3$ ）

処理区	第1果房			第2果房			第3果房			平均			
	糖度 (%)	酸度 (%)	糖酸比 (%)	糖度 (%)	酸度 (%)	糖酸比 (%)	糖度 (%)	酸度 (%)	糖酸比 (%)	糖度 (%)	酸度 (%)	糖酸比 (%)	
C	8.9 a	1.31 a	6.75 a	8.9 a	1.22 a	7.27 a	7.27 a	9.4 a	1.27 a	7.42 a	9.1 a	1.30 a	7.03 a
B	9.1 a	1.23 a	7.44 a	8.7 a	1.18 a	7.35 a	9.2 a	1.18 a	7.84 a	9.0 a	1.19 a	7.54 a	
BC	8.7 a	1.29 a	6.76 a	8.8 a	1.26 a	6.98 a	8.3 a	1.12 a	7.45 a	8.6 a	1.22 a	7.04 a	

異符号間に有意差有り ($P < 0.05$)。

地温、土壤体積水分率、土壤 NH₄⁺・NO₃⁻含量

栽培期間中の地温、土壤体積水分率、土壤 NH₄⁺および NO₃⁻含量の推移を第 1 図に示した。地温は各処理区間に有意差はなく、栽培期間全体を通じて 15～30℃で推移した。土壤体積水分率は栽培期間全体の平均が C 区で 23.4%、B 区で 10.9%、BC 区で 18.6%と、B 区で最も低く推移していた。土壤 NH₄⁺および NO₃⁻含量は、調査期間中各処理区間の有意差はなく、0～160 mg N kg⁻¹で推移していた。

被覆資材から溶出した水量および養分量

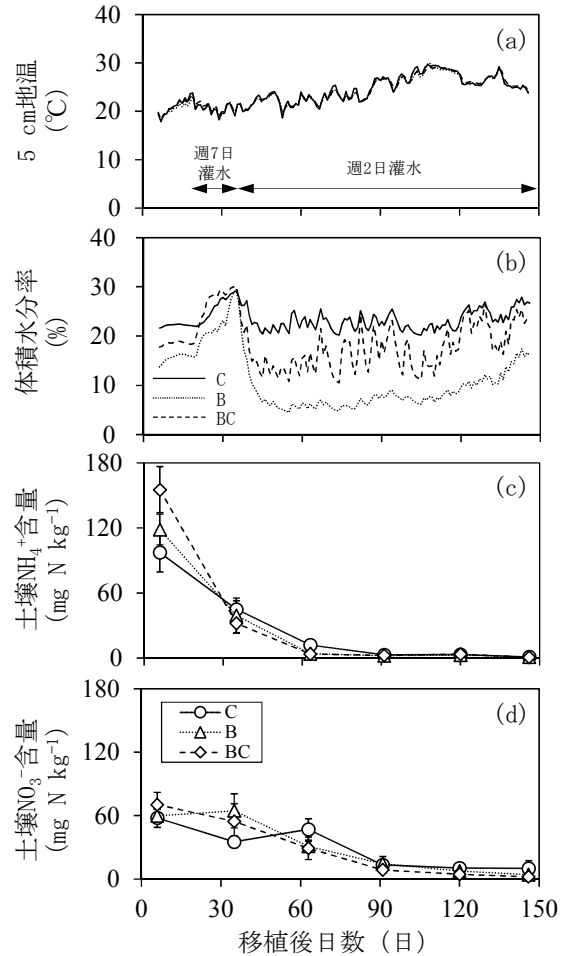
灌水量が 448 L m⁻²であったのに対し、被覆資材からの溶出水量は、B 区が 64.5 L m⁻² (14%)、BC 区が 156 L m⁻² (35%) であった。被覆資材から溶出した養分量を第 5 表に示した。N 溶出量は B 区で 0.63 g m⁻² (施肥 N 量の 7.08%)、BC 区で 1.55 g m⁻² (同 17.4%) であった。K 溶出量は B 区で 5.29 g m⁻² (施肥 K 量の 22.8%)、BC 区は 2.85 g m⁻² (同 12.3%) であった。Ca 溶出量は B 区で 0.60 g m⁻²、BC 区で 1.65 g m⁻² であった。また、全項目に処理区間で有意差があった。

乾物重、養分吸収量、被覆資材由来養分利用率

植物体の乾物重と吸収した各養分量と被覆資材由来養分利用率の結果を第 6 表に示した。乾物重と各養分吸収量に処理区間の差はなかったが、C 区よりも B 区や BC 区が高い傾向があった。地下部の乾物重は C 区、B 区、BC 区それぞれ 8.60 g 株⁻¹、8.57 g 株⁻¹、および 8.60 g 株⁻¹で処理区間に差はなかった。被覆資材由来養分利用率は、N と Ca は B 区より BC 区が高く、K は B 区より BC 区が低い傾向があった。N と K は両処理区ともに 100%を超えていたが、Ca は B 区のみ 100%を超えていた。

土壤 pH、EC、可給態リン酸含量、交換性 K⁺・Ca²⁺含量

土壤 pH と EC は処理区間に有意差はなく、栽培期間を通して 7.3～6.4 および 0.20～0.92 mS cm⁻¹で推移していた。土壤可給態リン酸含量、交換性 K⁺および Ca²⁺含量はいずれも処理区間に有意差はなく、栽培期間を通してそれぞれ 4.7～6.0 g P₂O₅ kg⁻¹、0.57～1.87 g K kg⁻¹、4.69～11.92 g Ca kg⁻¹で推移していた。



第 1 図 地温 (a)、土壤体積水分率 (b)、土壤 NH₄⁺含量 (c)、土壤 NO₃⁻含量 (d) の推移。

第 5 表 被覆資材からの養分溶出量 (g m⁻²、平均±標準誤差、n = 3)

処理区	N	K	Ca
B	0.63 b	5.29 a	0.60 b
BC	1.55 a	2.85 b	1.65 a

異符号間に有意差有り (P < 0.05)。

第6表 乾物重、養分吸収量および被覆資材由来養分利用率（平均値、 $n = 3$ ）

処理区	乾物重 (g 株 ⁻¹)	N		K		Ca	
		吸収量 (g 株 ⁻¹)	利用率 (%)	吸収量 (g 株 ⁻¹)	利用率 (%)	吸収量 (g 株 ⁻¹)	利用率 (%)
C	352 a	8.01 a	ND	7.12 a	ND	3.29 a	ND
B	408 a	9.52 a	795	9.28 a	136	3.64 a	197
BC	407 a	9.34 a	285	9.26 a	250	3.65 a	73.7

ND : No data

考 察

本研究では竹堆肥から溶出し土壌に浸透したNやK量は施肥N、Kのそれぞれ約2割に相当し、このことが竹堆肥の被覆により草丈や乾物重、果実の総収量が増加した原因の一つと考えられた。一般的に、土壌中の無機養分は土壌水中でイオン等の形態にある状態でマスフローや濃度勾配により根の近傍へ移動・吸収される（関本, 2013）。そのために、液肥は固形肥料よりも肥効率が高く肥効が早く現れやすいと考えられる。被覆資材から溶出した養分は水溶液として土壌に浸透するため、液肥と同様な効果があり、植物により速やかに吸収されたと考えられた。本研究では土壌NO₃含量や交換性K⁺含量に処理区間で明確な差がなかったことは、土壌へ浸透したNO₃やK⁺が蓄積せずに速やかに吸収されたことを示唆している。本研究で用いた竹堆肥はN含量が0.6%と低いことに加えC/Nが70を越えていた。一般に、C/Nが高い（20以上）有機物では土壌物理性の改善効果が期待されるが、土壌へ混和すると窒素飢餓が生じる危険性がある（土壌肥料用語辞典, 2010）。しかしながら、本研究のように被覆資材として用いる事で、資材に含まれる養分を植物に吸収されやすい形で供給することができると考えられる。また、被覆資材由来養分利用率は竹粉も竹堆肥も100%を越えている。これは資材被覆による影響、例えば養分の供給や水分の制限により、根の伸長が促され土壌中からの養分吸収が促進された可能性が考えられる。山川ら（2009）は、生竹粉の表面被覆によりKの利用率が向上したと報告している。しかしながら根系との関係性について、本研究では表層15 cmまでの限られた深さの地下部のみを調べたため、上記の可能性を評価するためにはさらに深い層の根を採取し評価する必要がある。

本研究では果実の個数は被覆資材の影響がなく、収量と1果あたりの重量は特に竹堆肥を被覆することで増加していた。このことは、被覆資材から溶出し土壌へ供給された養分等が果実の肥大に影響した可能性を示している。さらに、生竹粉や竹堆肥で被覆すると尻腐れ果の発生率が低下していたことから、資材から溶出したCaが尻腐れ果の発生抑制に寄与したと考えられた。KやCaの供給により果実肥大が促進され、また果実肥大期にCaや水の供給が不足している状況で高温にさらされると尻腐れ果の発生が増加することが知られている（蔬菜園芸の事典, 2010; 野菜園芸学の基礎, 2014）。本研究では、生竹粉や竹堆肥が灌漑水を吸収して土壌への灌漑水の浸透水量が少なくなっており、B区やBC区で尻腐れ果の発生が懸念される状況であったと考えられるが、被覆資材から供給されるCaが尻腐れ果率低下に寄与した可能性が考えられた。

結 論

本研究により、生竹粉および竹堆肥を土壤被覆資材として用いることで、資材から溶出し土壤へ浸透した資材由来の養分、特に N や K が植物の生長と果実肥大を促進する影響を与えることが明らかになった。被覆により土壤へ浸透する水量が低下したが、資材からの養分供給が尻腐れ果の発生を抑制する可能性が示された。

適 要

生竹粉と竹堆肥の土壤被覆がトマト (*Solanum lycopersicum*) の生育と収量に与える影響について、2015年4月から9月にかけて愛媛大学農学部附属農場のガラス温室内にて実施した。資材を被覆しない裸地状態の対照区 (C)、生竹粉および生竹粉を堆肥化した竹堆肥をそれぞれ新鮮重で 3.3 kg m^{-2} 被覆した生竹粉被覆区 (B)、竹堆肥被覆区 (BC) の3処理区を3反復で設けた。全処理区 N、 P_2O_5 、および K_2O それぞれ 8.90、12.0、および 28.0 g m^{-2} を全量基肥で施用した。植物の生育、収量、養分吸収量を測定し、被覆資材由来養分利用率を算出した。また表層 10 cm の土壤化学性および地温 (5 cm)、体積水分率 (0-10 cm) を測定した。草丈は定植後日数 19 日目から 49 日目に BC 区が C 区より有意に高く、収量も BC 区で C 区よりも高かった。被覆資材からの N および K 溶出量はそれぞれ施肥量の 7~17% および 12~23% に相当し、資材から溶出した養分が生育を促進したと考えられた。B 区や BC 区で果実 1 個当たりの重量が増加した尻腐れ果率も低下したことから、資材から溶出した養分 (K や Ca 等) が果実の肥大に影響した可能性がある。資材が灌漑水を吸収し土壤水分が低下したが、被覆資材から溶出した養分の供給が低水分に起因する尻腐れ果発生危険性を和らげたと考えられた。以上の事から、生竹粉や竹堆肥で土壤表面を被覆することでトマトの生育・収量の増加と尻腐れ果率の低下効果が期待できると考えられた。

引 用 文 献

- 1) 愛媛県 (2013) 竹資源循環利用促進プログラム,
<http://www.pref.ehime.jp/h35700/1461/bamboo/index.html>.
- 2) 土壤環境分析法編集委員会 編 (2000) 土壤環境分析法, 第V章 土壤化学, p195-385 博友社, 東京.
- 3) 関本均 (2013) 植物栄養と肥料, 新植物栄養・肥料学, p1-33, 朝倉書店, 東京.
- 4) 藤原俊六郎, 小川吉雄, 加藤哲郎 編 (2010) 新版 土壤肥料用語辞典 第2版, p93, 農山漁村文化協会, 東京.
- 5) 山川武夫, 山野麻有子, 池田元輝 (2009) 繊維状竹破砕物と窒素肥料の施用位置がダイズ品種フクユタカの収量と三要素集積に及ぼす影響, 日本土壤肥料学雑誌, 80, 379-386.
- 6) 斎藤隆 著 (2010) 蔬菜園芸の事典, p76, 朝倉書店, 東京.
- 7) 篠原温 編著 (2014) 野菜園芸学の基礎, p80, 農山漁村文化協会, 東京.