

Short Report

トマトの低段・多段組み合わせ土耕栽培に関する研究

葉序の方向と2本仕立てが収量に及ぼす影響

吉田康徳¹, 細矢真¹, 鈴木正人¹, 進藤陽平¹, 神田啓臣¹, 渡部信之², 高橋春實¹¹ 秋田県立大学生物資源学部アグリビジネス学科² 能代市農業技術センター

著者らは、トマトの生産者なら特段の投資なく実施できる増収技術として、低段・多段組み合わせ土耕栽培（低段・多段栽培）に取り組んでいる。本栽培法では、慣行栽培より10a当たり換算収量で1.3~1.5倍程度の増収が期待できるが、果実の小玉化傾向および慣行より増加する苗数増加と定植時の労力が課題である。そこで、その改善を目指し、葉序の方向性および主枝と側枝を2本伸長させる2本仕立てを活用した低段・多段栽培したトマトの収量に及ぼす影響を検討した。葉序の方向性では、基部からの高さ別に相対日射量（%）を計測した結果、慣行では、一部例外があるが、いずれの高さでもほぼ同程度であった。一方、低段・多段栽培では、基部から90と150cmで葉序の方向性を揃えた区で高い傾向が認められた。その結果、10a当たり換算収量は低段・多段栽培で葉序の方向を揃えた区で高い傾向が認められ、果実の小玉化も改善できる可能性が示唆された。2本仕立て栽培では、相対日射量はいずれの処理区でもほぼ同程度であった。その結果、慣行より平均果実重が小さいことに起因して、10a当たり換算収量も、1.1倍程度の増収傾向しか認められなかった。

キーワード：花序，着果率（%），果実重，相対日射量（%）

トマト (*Solanum lycopersicum* L.) は世界的に最も生産量が多い野菜である。秋田県でも、米価の下落に伴う農業産出額を補うための園芸振興作物の1つとして、トマトを重要な野菜と位置づけている。しかし、生産量は減少傾向にあることが課題である（秋田県農林累年統計，2016）。さらに、秋田県のトマト生産地の東北6県における位置づけをみると、トマトの出荷量は2015年実績で総計5,450tと東北では最下位と宮城県の6,490tに次いで最も少なく、福島県の22,300t、青森県の15,700tなど1位と2位と比べれば生産地の規模は小さい（平成27年野菜生産出荷統計）。そのため、秋田県におけるトマトの増収技術の開発に対する期待は高い。

そのような中、著者らは、トマトの生理生態的特徴を活かした増収技術の開発に取り組んでいる。トマトの主枝は何枚かの葉を分化した後、最上位葉の

上に花葉を形成し、第1花序となって主枝の栄養成長を停止するが、第1花序第1花形成後に栄養成長が再開する場合、花序の中から栄養枝が発生することもあるが、通常は主枝上の腋芽が第1次側枝として側生する（須田ら，1991）。そのため、トマトの花序は、実際には仮軸に形成されるが、外見上は主枝に形成され続けているように見える。大玉のトマトの場合、1つの花序は4~6つの花で形成されているが、この1つのと花序を「段」と呼び、一般的には、8段以上を長期に収穫する多段栽培が行われている。近年、トマトの増収技術の1つとして、通常より密植で栽培し、土耕栽培下で1段の花序（果房）を収穫後は撤去し、改めてトマトを植え替える栽培を年間3~4回程度の繰り返す1段密植栽培（久富・藤本，1978）と同様に養液栽培下で密植栽培し、1~4段の収穫を繰り返す低段密植栽培（山下ら，1992，渡辺，

2006) がある。これらの栽培技術は増収効果は認められるものの、期待したほど普及には至っていない。その理由には、年に複数回密植栽培を繰り返すため、大量の苗を必要とすること、次作の苗を2次育苗する施設が別途必要となること、それらの労力負担も大きいことが上げられる。さらに、養液栽培が前提であるため、高額な初期投資を必要とする技術でもある。そのため、著者らは、トマトを栽培している生産者なら、特段の投資なく導入できる増収技術として、慣行では、株間40cmで多段(8段)するのに対して、低段(4段)と多段(8段)を株間20cmで交互に定植する低段・多段組み合わせ土耕栽培(以下は、低段・多段栽培と略記)に取り組んでいる(吉田ら, 2015)。この栽培法の特徴は、4段目までは密植で栽培するため初期収量が高く、5段目以降は慣行の多段と同じ枝間になるため、低段と多段のメリットを活かしたものである。特に、秋田県の場合、トマトの作型は、夏秋どり栽培で7~9月出荷が中心であり、かつほとんどが無加温ビニルハウスでの栽培の年1作が基本であり、本栽培法に優位性が高い。これまでの成果には、10a当たり換算収量で慣行の1.3~1.5倍程度の増収傾向を報告した(吉田ら, 2015)。しかし、果実の小玉化傾向と密植による苗数増加ならびにその定植時の労力が課題となり、その改善が必要となった。果実の小玉化に関しては、慣行より密植で栽培することに起因する受光態勢の悪化が原因であるため、その改善法として、トマトの生理生態的特性である葉序の方向性を活用する。つまり、トマトの本葉は、開度法で3/8または斜列法では3:5に近い葉序で発生している(Kanahamaら, 1993, 1994)(図1)が、葉序の方向性を揃えることで、葉の重なりを避けて受光態勢の改善が期待できる。また、苗数減少に関しては、主枝(実際には仮軸分枝)の花序直下の第1次側枝を伸長させた計2本の枝、または第4本葉直上で摘心し、第1~4本葉の葉腋から発生する第1次側枝のうち生育の揃った2本の枝を伸長させ、一方を低段、残りを多段の枝とする枝2本仕立て栽培を実施することで苗数減少が期待できる。

そこで、本研究では、葉序の方向性および異なる2本仕立てが低段・多段栽培したトマトの収量に及

ぼす影響を検討した。

材料および方法

実験1. 葉序の方向性が低段・多段組み合わせ土耕栽培したトマトの収量に及ぼす影響

材料 トマト‘桃太郎8’を供試した。

方法 12月9日に播種を行い、第2本葉展開時に鉢上げを行った。第1本葉を手前に、第2本葉を奥にした場合、第3本葉が右側にある個体を右回り(時計回り)、左側にある個体を左回り(反時計回り)とした。第1花序開花時の2月上旬に地床温室に定植した。

処理区は、慣行の右回りのみ区(慣行R区)、慣行の右回りと左回り区を交互に配置した区(慣行RとL区)、低段・多段栽培の右回りのみ区(低段・多段R区)、低段・多段栽培の右回りと左回りを交互に配置した区(低段・多段RとL区)の計4処理区を設け、供試本数は慣行区12個体、低段・多段区24個体を供試した。定植方法は、慣行区は株間40cmの2条植えて定植し、低段・多段区は株間20cmの2条植えて定植した。慣行と多段は8段花序(果房)、低段は4段花序(果房)まで収穫し、低段では4段花序(果房)収穫後は、地際から低段の株は撤去した。

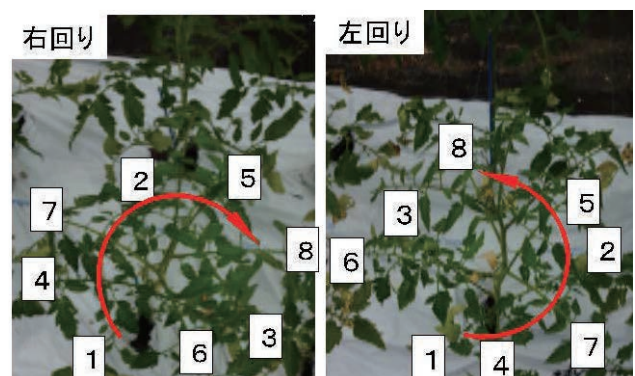


図1 トマトの葉序の左右性

図中の1~8は本葉の第1~8本葉を示す。

真上から見て、時計回りを右回り、反時計回りを左回りとした。

調査は、花序別の着果率と収量および第5花序開花時に基部から、30cm, 60cm, 90cm, 120cm および150cmの高さに簡易積算日射量フィルム(オプト

リーフ)を1週間設置し、遮蔽物のない場所の日射量を100%として、各高さ別の相対日射量(%)を計測した。なお、概ね、30cm, 60cm, 90cm, 120cm および150cmの高さは第1花序, 第2~3花序の間, 第3~4花序の間, 第4花序および第4~5花序の間に位置していた。

実験2. 異なる2本仕立てが低段・多段組み合わせ土耕栽培したトマトの収量に及ぼす影響

材料 トマト‘桃太郎8’を供試した。

方法 12月9日に播種を行い、第2本葉展開時に鉢上げを行い、第1花房開花時の2月上旬に地床温室に定植した。

処理区は慣行区、主枝と第1花序直下の第1次側枝を伸長させた2本仕立A区(2本A区)、主枝と第4花序直下の第1次側枝を伸長させた2本仕立てB区(2本B区)および第4本葉直上で摘心して生育の揃った2本の第1次側枝を伸長させた2本仕立て区(4葉摘区)の計4区を設け、供試個体数は12個体を供試した。定植方法は、慣行区と2本仕立て区は株間40cmの2条植えて定植し、低段・多段区は株間20cmの2条植えて定植した。2本仕立ての場合、2本の枝のうち一方を多段、残りを低段まで収穫する枝とした。慣行と多段は8段花序(果房)、低段は4段花序(果房)まで収穫し、低段は4段花序(果房)まで収穫した。

調査は、生育調査と開花調査および収穫調査ならびに150cmの高さに簡易積算日射量フィルム(オプトリーフ)を1週間設置し、遮蔽物のない場所の日射量を100%として、各高さ別の相対日射量(%)を計測した。なお、概ね、30cm, 60cm, 90cm, 120cm および150cmの高さは第1花序, 第2~3花序の間, 第3~4花序の間, 第4花序および第4~5花序の間に位置していた。

結果

実験1. 葉序の方向性が低段・多段組み合わせ土耕栽培したトマトの収量に及ぼす影響

花序別の着果率(%)は、いずれの処理区とも、それぞれ第1花序で80~100%程度と大きく、以後は第4~5花序まで30~60%程度と小さかったが、第8花序まで再び40~80%程度まで増加した(図2)。その結果、花序別の収量は、いずれの処理区とも、それぞれ第1花序で600~900g程度と大きく、以後は第4~5花序まで25~300g程度まで小さかったが、第8花序まで50~500g程度まで増加した。処理区で比較した場合、花序別の着果率と収量は、低段・多段栽培より慣行で高い傾向が認められた。葉序の方向で比較した場合では、葉序の違いで明瞭な傾向は認められなかった。

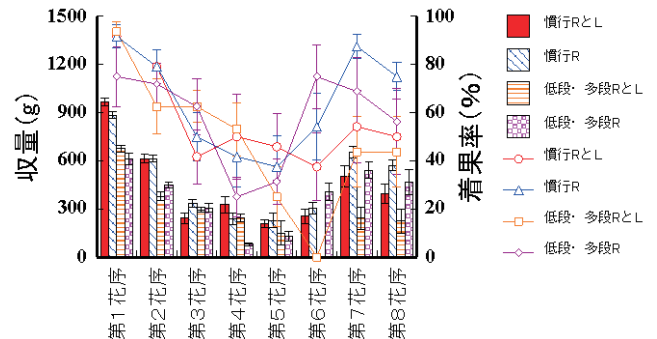


図2 葉序の方向性が花序別の収量と着果率(%)に及ぼす影響
図中の縦線は標準誤差を指す

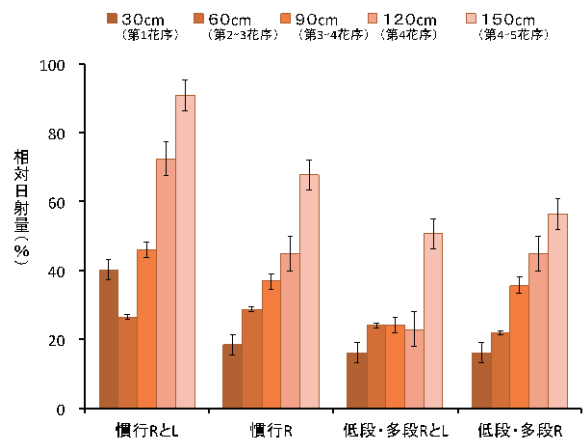


図3 葉序の方向性が低段・多段の相対日射量(%)に及ぼす影響
図中の縦線は標準誤差を指す

簡易積算日射量フィルム(オプトリーフ)は受光量が増加することで、フィルムの色が退色することを利用して、積算日射量を計測できる。全く遮光されない場所で同期間設置したフィルムの退色量を相

対日射量 100%とし、基部からの高さ別に相対日射量 (%) を計測した結果、葉序の方向で比較した場合、慣行では、30cm と 150cm で慣行 R と L 区の方で高い傾向が認められたが、それ以外はほぼ同程度であった (図 3)。低段・多段栽培では、90 と 150cm で低段・多段 R 区で高い傾向が認められたが、それ以外はほぼ同程度であった。同じ葉序の方向で比較した場合、一部例外はあるが、低段・多段より慣行の方が高い傾向が認められた。

1 株当たり果実数は、葉序の方向性で比較した場合、慣行では、慣行 R と L 区と R 区で 18~20 個程度と同程度であった (表 1)。低段・多段でも、低段・多段区 R と L 区と R 区でも 13 個程度と同程度であった。処理区で比較した場合、慣行で 18~20 個程度に対して、低段・多段では 13 個程度と有意差は認められなかったが、小さい傾向が認められた。平均果実重は、葉序の方向性で比較した場合、慣行では、慣行 R と L 区で 194.5g 程度であったのに対して、慣行 R 区では 185.2g 程度と同程度であったため、1 株当たり収量と 10a 当たり換算収量は、それぞれ 3.5kg 程度に対して 3.8kg 程度、6.5t 程度に対して 7.0 t 程度と有意差は認められないが、慣行 R で高い傾向が認められた。同様に、低段・多段では、低段・多段 R と L 区で 144.6g 程度に対して、低段・多段 R 区で 158.6g 程度と有意差は認められないが高い傾向が認められ、その結果、1 株当たり収量と 10a 当たり換算収量は、それぞれ、低段・多段の R と L 区で 1.8kg 程度、6.7 t 程度に対して、低段・多段の R 区では 2.2kg 程度、8.1 t 程度と有意差は認められないが、高い傾向が認められた。

実験 2. 異なる 2 本仕立てが低段・多段組み合わせ土耕栽培したトマトの収量に及ぼす影響

花序別の着果率 (%) は、いずれの処理区でも、第 1 花序で 60~100%程度と大きかったが、以後は第 4~5 花序まで 20~50%程度と小さく、第 8 花序まで再び増加した花序も認められたが、ほぼ 20~50%程度で推移した (図 4)。その結果、花序別の収量は、いずれの処理区とも、それぞれ第 1 花序で 900~1,000g 程度と大きかったが、以後は第 4~8 花序まで 15~500g 程度の増減を繰り返した。処理区で有意差は認められないが、大きい傾向が認められた。

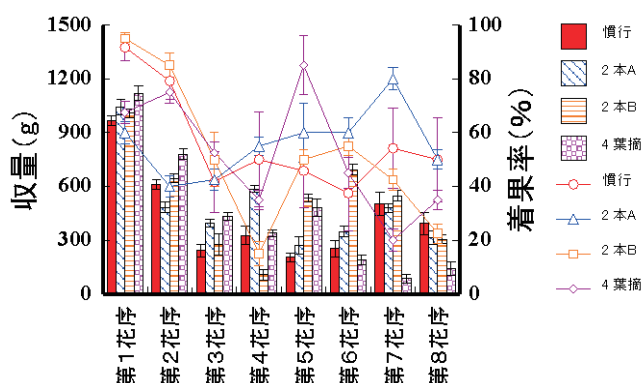


図 4 葉序の方向性が花序別の収量と着果率 (%) に及ぼす影響

図中の縦線は標準誤差を指す

花序別では、慣行の収量と比較して、第 1 花序~第 4 花序では、例外はあるものの、2 本 A 区と 4 葉摘区で、第 5 花序から第 6 花序では、2 本 B 区で大きい傾向が認められた。

比較した場合、花序別の着果率と収量は、第 4 花序までは、慣行区より 2 本 A と B 区および 4 葉摘区で相対日射量は、同じ高さで比較した場合、いずれ

表 1 葉序の方向性が低段・多段栽培したトマトの収量に及ぼす影響

処理区	1株当たり果実数(個)	平均果実重(g)	1株当たり収量(kg)	換算収量(t)
慣行 RとL	18.3±4.3 ab	194.5±79.1 a	3.5±0.9 a ^z	6.5±0.6 a
慣行 R	20.7±2.2 a	185.2±76.3 ab	3.8±0.5 a	7.0 ±0.3a
低段・多段 RとL	13.5±3.9 b	144.6±58.0 c	1.8±0.5 b	6.7±0.6 a
低段・多段 R	13.8±4.2 b	158.6±64.8 bc	2.2±0.8 b	8.1 ±1.0a

^zTukeyの多重検定により異なる英小文字に5%水準で有意差あり

の処理区でもほぼ同程度の大きさであった (図 5)。

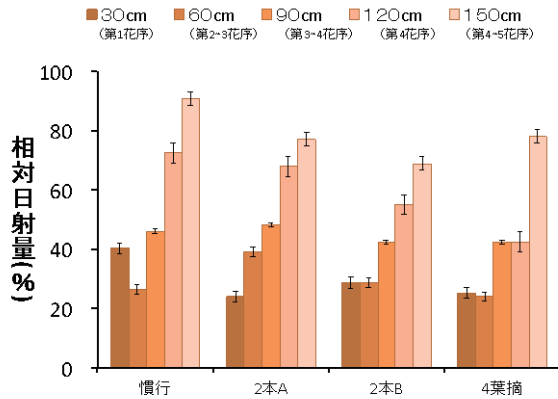


図5 異なる2本仕立て低段・多段の相対日射量 (%) に及ぼす影響
図中の縦線は標準誤差を指す

1株当たり果実数は、有意差は認められないが、慣行で18個程度であったのに対して、2本AとB区および4葉摘心区で23~25個程度と大きい傾向が認められた (表2)。平均果実重は、慣行が194g程度に対して、2本B区で176g程度と同程度であったが、次いで2本A区で154g程度、4葉摘心区で137g程度と順に優位に小さかった。それらの結果、1株当たり収量と10a当たり換算収量は、慣行の3.5kg程度と6.5t程度であったのに対して、2本AとBで、3.9kg程度と4.1kg、7.3t程度と7.6t程度と大きい傾向が認められたが、4葉摘心区は3.6kg程度と6.6t程度と同程度であった。

考察

低段・多段栽培によって、トマトの生産者なら特段投資無く、増収が期待できるが、果実の小玉化は

課題であった。その原因は、密植による受光態勢の悪化が示唆されたので、トマトの場合、ほぼ1:1で発生する右回りと左回りの葉序の方向性を揃えることで、受光態勢の改善を試みたが、本研究の結果では、慣行の40cmの株間より狭い20cmの相対日射量が期待したほどR区で高くなかった。その原因の1つとして、計測したのが、第5花序開花時であったので、それまでの生育の大きさが影響したことが考えられたので、定植時より定期的に計測する必要性が示された。また、葉序は、花序毎に逆転するが、一部は逆転しない株が発生することが知られているので、そのことが影響している可能性も示唆された。しかし、収量調査では、平均果実重は、慣行では葉序の方向性を揃える効果は認められなかったが、果実数の増加によって、低段・多段栽培では、葉序の方向性を揃えることで、平均果実重が増加によって、いずれも10a当たり換算収量で、葉序の方向性を揃えたR区で高い傾向であったことから、今後の検討も必要であるが、葉序を揃える有効性が示唆された。ただし、低段・多段栽培では、換算収量が慣行の1.3~1.5倍程度増加することが期待されるが、本研究の結果では、1.2倍程度と目標に及ばなかった。その理由を検討したところ、1株当たり果実数は、ほぼ目標通りであったが、平均果実重の改善が不十分であると示されたので、さらに平均果実重の改善に取り組む必要性が示された。特に、第1~5花序で減少が著しいので、摘果や果実の肥大への寄与度が低い葉の摘除による受光態勢の改善にも取り組む必要性が示された。

低段・多段栽培では、慣行より2倍の苗数を準備する必要がある。しかし、育苗するスペースや定植する労力は本技術を普及する上で大きな課題となる。

表2 異なる2本仕立てが低段・多段栽培したトマトの収量に及ぼす影響

処理区	1株当たり果実数(個)	平均果実重(g)	1株当たり収量(kg)	10a当たり換算収量(t)
慣行	18.3 ± 4.3a ^z	194.5 ± 79.1a	3.5 ± 0.9a	6.5 ± 0.6a
2本A	25.8 ± 3.7a	154.8 ± 65.4bc	3.9 ± 1.3a	7.3 ± 0.5a
2本B	23.4 ± 4.8a	176.0 ± 79.0ab	4.1 ± 1.6a	7.6 ± 0.9a
4葉摘心	25.8 ± 2.4a	137.8 ± 66.0c	3.6 ± 0.7a	6.6 ± 0.4a

^zTukeyの多重検定により、異なる英小文字に5%水準で有意差あり

そこで、これまで株間で低段・多段栽培を実施していたが、1株から2本の枝を発生させ、その枝間で低段と多段と同様に管理することで、低段・多段栽培を実現する栽培法の開発を目指し、異なる手法で2本の枝を伸長させたが、いずれの2本仕立てでも、10a当たり換算収量が1.1倍程度と期待した1.3~1.5倍程度には及ばなかった。その理由として、果実数は1.3倍程度増加したが、平均果実重が劣ったことが示唆された。ただし、本研究で測定した相対日射量には明瞭な違いが認められなかつたので、受光態勢の影響は小さいと思われた。ただし、葉序の方向性でも指摘したが、生育の限られた期間のみの計測なので、定植時より定期的に計測する必要性が示された。

生産. 野菜茶業研究集報 (3) : 91-98.

〔平成29年6月30日受付〕
〔平成29年7月11日受理〕

引用文献

- 秋田県農林水産部. 2016. 秋田県農林累年統計.
〈<http://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/4257>〉.
- 久富時男・藤本幸平. 1978. トマトの1段密植栽培に関する研究(第1報). は種期別の生育, 収量について. 園学雑. 46: 487-497.
- Kanahama, Koki, M. Suda, and K. Iwabuchi. 1993. Phyllotaxis on the main shoot of the wild tomato plants calculated by the orthostichy system. 62: 377-382.
- 農林統計. 2015. 野菜生産出荷統計. 〈<http://www.maff.go.jp/j/tokei/>〉.
- 須田 実・岩淵和則・金浜耕基. 1991. トマト *Lycopersicon pimpinellifolium* (Just.) Mill. 主枝上における葉原基の配列. 園学雑. 60 別 92: 422-423.
- 山下文秋・青柳光昭・林 吾朗. 1992. は種期, 摘心位置及び栽植密度がトマトの生産特性に及ぼす影響. 愛知農総試研報. 24: 115-122.
- 吉田康徳・鈴木正人・進藤陽平・神田啓臣・津田渉・高橋春實. 2015. トマトの低段・多段組み合わせ栽培に関する研究. 園芸学会東北支部. 55-56.
- 渡辺慎一. 2006. 低段密植栽培による新たなトマト

Effects of combination of low-order and high-order pinching at high planting density in soil culture on tomato yield

Effects of phyllotaxy direction and multi-shoots on the yield of tomato growing under the combination of low-order and high-order pinching at high planting density

Yasunori Yoshida¹, Makoto Hosoya¹, Masato Suzuki¹, Yohei Shindo¹, Hiroomi Kanda¹, Nobuyuki Watanabe², and Harumi Takahashi¹

¹ *Department of Agribusiness, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University*

² *Agricultural Technology Center, Noshiro City Office*

We have developed a technique for increasing tomato yield that can easily be introduced by tomato producers without any expense, using the combination of low-order and high-order pinching at high planting density in soil culture. This technique produces about 1.3 to 1.5 times the convert yield per 10 acres than normal planting density. There was a problem that the fresh weight of the fruits tends to decrease and higher labor force is required for managing the higher number of seedlings. Therefore, to improve this technique, we examined the effects of phyllotaxy direction and multi-shoots on the yield of tomato growing under the combination of low-order and high-order pinching at high planting density. Regarding phyllotaxy direction in tomato growing under the combination of low-order and high-order pinching at high planting density, the relative solar radiation flux was almost equal at all heights from the base of the plants with both phyllotaxy directions grown under normal planting density. However for plants grown under high planting density, the relative solar radiation flux at 90 to 150 cm height from the base tended to be higher in plants with phyllotaxy in the same direction than in those with phyllotaxy in different directions. . As a result, it was suggested that having the same direction of phyllotaxy could improve the fresh weight of fruits in the case of multi shoots in tomato growing under the combination low-order and high-order pinching at high planting density. The relative solar radiation flux every height from basis of each treatment of multi shoot treatment was almost same. However, each treatment of them produced 1.1 times the convert yield per 10 a than normal planting density owing to decreased fresh fruit weight.

Keywords: inflorescence, ratio of fruits set (%), fresh weight of fruit, relative solar radiation flux (%)