

未熟葉の摘葉処理がトマトの生育および乾物分配に及ぼす影響

安 東赫・原田 正志*・岩崎 泰永・東出 忠桐

(平成 30年 10月 24日受理)

Effects of Removal of Immature Leaves on Growth and Dry Matter Distribution in Tomato Plants

Dong-Hyuk Ahn, Masashi Harada, Yasunaga Iwasaki, and Tadahisa Higashide

I 緒言

近年、施設園芸分野では大規模で集約的な生産によるコスト削減および高度な環境制御技術による周年多収生産を行うことを目的とした次世代施設園芸拠点が運営されており(農林水産省, 2014)、生産現場においても高生産性に対する関心度が高まって高度な環境制御技術が普及しつつある。

トマトに関する研究でもCO₂施用や細霧冷房など、各種の環境制御によって高収量の実現性に関する研究(安藤ら, 2011; 高橋ら, 2012)や、生産性が異なる品種を比較しながら多収メカニズムを解明しようとする研究(安藤ら, 2015; Higashide・Heuvelink, 2009; 東出ら, 2012; Higashideら, 2014; Matsudaら, 2011a; 中野ら, 2015)も数多くみられ、果実収量の最大化を目指す取組みが活発化している。

果実収量の向上には光の利用が極めて重要であり(Marcelisら, 2006)、作物がいかに光を吸収し、体内で光合成産物を増やすかが生産性向上に直結する。近年、物質生産の観点から収量構成要素の解析手法を用いる報告(東出ら, 2012; Higashideら, 2014; 岩崎ら, 2018; 金子ら, 2015)が多く、葉面積指数(以降, LAI)や群落の受光量, 光利用効率などは重要なパラメータになっている。施設生産現場でも、光条件に応じて側枝を増して葉面積を確保する方法や、摘葉によって葉面積を減らす方法など、LAIを調整する技術が使われており、LAIを非破壊で評価する技術も開発されている(大石, 2016)。その他、摘葉は栄養成長と生殖成長のバランスを保つための手法にも使われている。

LAIを調整する一般的な摘葉方法としては、株の下位葉を除去することである。下位葉以外の小葉や果房直上葉の摘除の事例も見られるが、群落の受光態勢や乾物生産の変動に関する解析が少ないため、摘葉の効果につい

て不明な点が多い。特に、まだ展開していない未熟葉は、シンク器官にもソース器官にもなるため、未熟葉の除去は、乾物分配に変動をもたらすと考えられる。しかし、未熟葉の摘葉が収量構成要素にどのような変化をもたらすかを解析した事例は見当たらない。

そこで本研究では、果房直上のまだ展開していない未熟な葉を定期的に除去することが群落内の光環境、トマトの収量および地上部の乾物分配に及ぼす影響について調査し、物質生産の観点から解析した。

II 材料および方法

実験には、供試品種として‘アニモ TY-10’(朝日工業・武蔵野種苗園)、『DR03-103’(日本デルモンテ株式会社)、『Managua RZ’(Rijk Zwaan)、『Tomimaru muchoo’(De Ruiter)のトマト4品種を用いた。2016年9月28日に播種し、人工光型育苗装置(苗テラス、三菱ケミカルアグリドリーム株式会社)の中で24日間育苗後(昼温/夜温:25℃/18℃、日長:16時間)、ロックウールキューブに移植した。農研機構野菜花き研究部門(つくば市)の実験ハウス(間口9m×奥行き21m、軒高4.75m、被覆資材:エフクリーン(AGCグリーンテック株式会社))で10月31日まで2次育苗を行ってから、栽植密度が2.5株/m²(株間:25cm、畝間:160cm)になるようにし、ロックウール養液栽培装置に208株を定植した。培養液はOATハウスSA処方(OATアグリオ株式会社)を用い、掛け流し栽培を行った。培養液のECは定植時から第1花房開花までの生育初期は1.5 dS m⁻¹とし、開花後から栽培終了までは2.5 dS m⁻¹で管理した。給液量は定植後のトマトの成長に合わせて増やしていったが、栽培期間中、給液量に対して排液量が30%以下にならないように給液頻度を調整した。気温、湿度および日射な

どの気象データはユビキタス環境制御システムで測定した。気温および湿度はハウス中央の1.5m高さに設置した通風式温湿度計を用い、屋外日射は6m高さに設置した日射計を用い1分間隔で計測した。ハウスの室内気温は27℃以上で換気窓が開くように、また、13℃以下で暖房機が稼動するように設定し、環境制御を行った。整枝方法は主枝1本仕立てとし、腋芽はすべて除去した。また、株が床面から3mの高さ付近に達した12月20日(定植後50日目)から、成長点の高さを50cm程度下げるハイワイヤー誘引を繰り返し、群落の高さは床面から2.5~3mで維持した。その際、ベッドの高さより下に着生した葉は除去し、群落の高さを一定に維持するように管理した。除去した下位葉については重量を計測し、乾物率から算出した値を乾物生産量に加算した。乾物率はサンプリング時に計測した葉の乾物率の平均値を用いた。

本実験では、未熟葉を除去した摘葉区と除去しない対照区を設けた。未熟葉の摘葉処理は図-1に示したように、毎週1回生長点付近の果房直上の葉を確認し、葉長が5cm以上になる前に除去した。ハウスの東西の両端列および南北の両端株は番外とし、各区は10株2反復とした。処理は、肉眼で第3果房が確認できた時期(定植後22日目)に開始したが、最初の処理では、第1および第2果房直上の葉も同時に摘葉した。定植時、定植後22日目(処理直前)、50日目(ハイワイヤー誘引開始時)および105日目(栽培終了時)の計4回、1区2株ずつをサンプリングし、葉面積、葉数、莖長、節数ならびに葉、莖、果実の新鮮重および乾物重を測定した。葉面積測定には自動葉面積計(AAC-400、林電工)を用いた。また、各区3株(1品種6株)を選定し、毎週1回赤く熟した果実を収穫し、その新鮮重を収量とした。収穫果実も摘葉と同様に、サンプリング時で計測

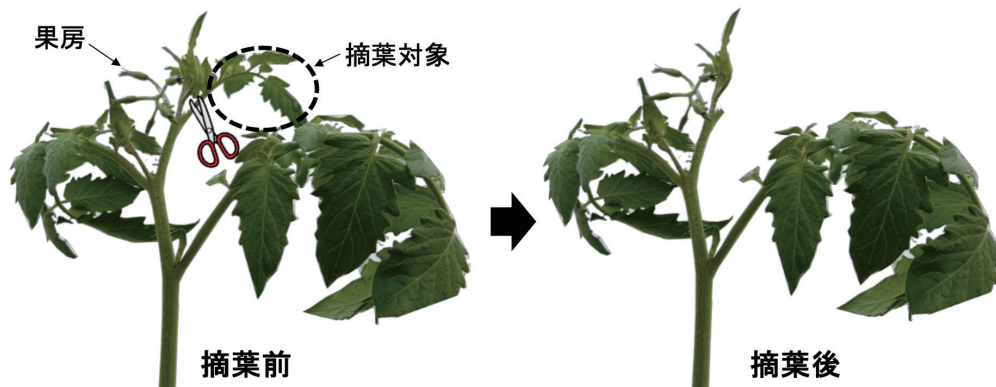


図-1 実験に用いた未熟葉の摘葉方法

した果実の乾物率の平均値を用いて果実乾物重を算出し乾物生産量に加算した。

各品種および処理区における群落の受光態勢の違いを調べるため、処理開始直前(2回目のサンプリング時)と処理後83日目(4回目のサンプリング時)には群落の層別葉面積および相対光強度を調査し、式1(Monsi・Saeki, 2005)から吸光係数(k)を算出した。

$$k = -\frac{\ln(I/I_0)}{LAI} \quad \text{式1}$$

(I: 群落内測定点の光強度, I₀: 群落の上の光強度, LAI: 群落の頂点から測定点までの葉面積指数)

群落の上の光強度は光量子センサ(LI-190, Li-Cor)を用い、群落内の光強度はロング光量子センサ(LI-191, Li-Cor)を用い同時に計測した。群落内の光強度は、成長点から群落の最下部までを縦方向に4層に分けて水平面のPPFD(光合成有効光量子束密度)を測定した。測定翌日、光強度を計測した群落から3株をサンプリングし、層別に葉面積を測り、成長点から各層までのLAIを求めた。

式1に示した通り、各層までのLAIと相対光強度(I/I₀)の自然対数との散布図を作成し、切片を0とした直線回帰式を求め、その傾きを吸光係数とした。

圃場面積当たりの積算受光量は、東出ら(2012)と同様な手法を用い、式2から求めた。

$$\text{面積当たり積算受光量} = (1 - e^{-k \times LAI}) \times PPFD \quad \text{式2}$$

ただし、PPFD = 屋外日射 × 施設光透過率。

施設光透過率は実測値を基に一律60%とした。また、処理開始の前日までの積算受光量の計算には、処理開始直前の計測で求めたkを、その後は、処理後83日目に求めたkを用いた。LAIについては、4回のサンプリングで得られた葉面積データを用い、近似式を求め、その式から毎日のLAIを推定し積算受光量の計算に用いた。また、各サンプリング時までの圃場面積当たりの地上部の総乾物生産量(以下、TDM)とサンプリング時までの積算受光量を基に散布図を作成して直線回帰式を求め、その傾きを光利用効率(以下、LUE)とした(東出ら, 2012)。

III 結果

図-2に室内気温および日積算日射量の推移を示した。栽培期間中の室内の最高と最低気温はそれぞれ28.3~18.3℃と17.5~11.2℃で推移し、日平均気温は15.9~21.2℃で推移した。また、屋外の日積算日射量は0.1~13.7 MJ m⁻²で推移し、定植時から栽培終了時までの合計は852.5 MJ m⁻²であった。

図-3には、品種および摘葉有無ごとに、定植後のLAI推移の近似曲線を示した。定植後22日の処理開始以降、対照区に比べて摘葉区でのLAI低下が見られ、定植後50日目の測定で摘葉による有意な減少がみられた。しかし、栽培終了時では摘葉による有意な差は認められなかった。近似式を基に処理開始後から栽培終了時までの平均LAIを計算すると、対照区の‘アニモTY-10’、

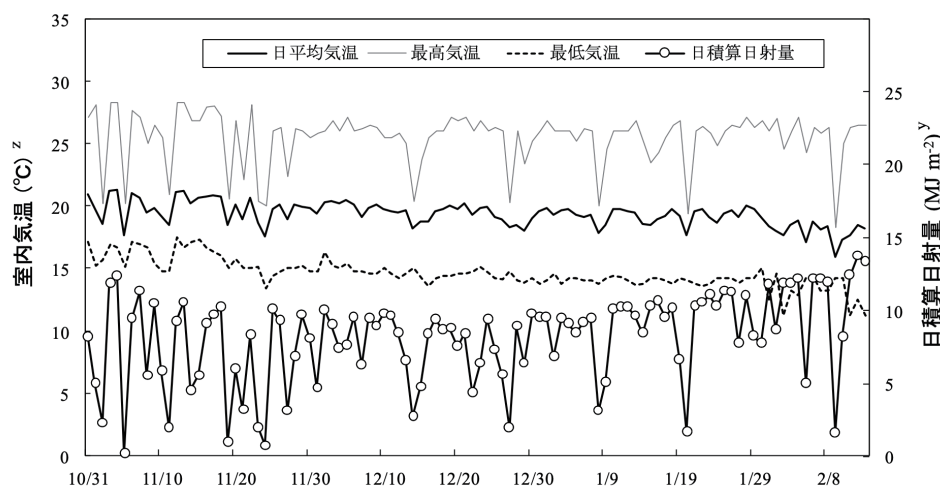
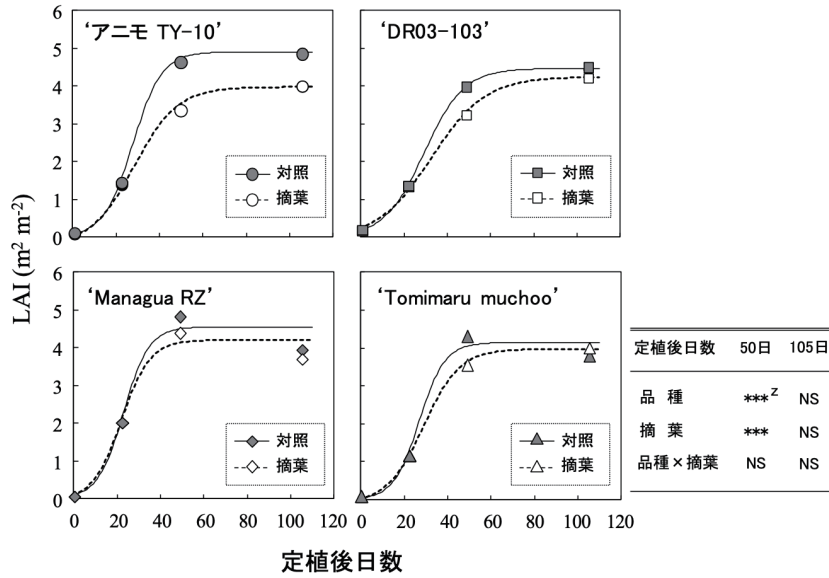


図-2 栽培期間中の室内気温および日積算日射量の推移
z ハウス中央 1.5m 高さに設置した通風式温度計で計測したデータを用いて計算
y 屋外日射量



^Z NSはNonsignificantを, ***はF検定により処理間で0.1%水準で有意であることを示す(n=4).

図-3 各品種における栽培期間中の葉面積指数(LAI)の推移

LAIのシグモイド曲線は、品種および処理区ごとに、定植時、処理直前(定植後22日)、処理後28(定植後50日)、83日(定植後105日)目のサンプリング調査で得られた葉面積値の散布図から求められた近似式によるもの。

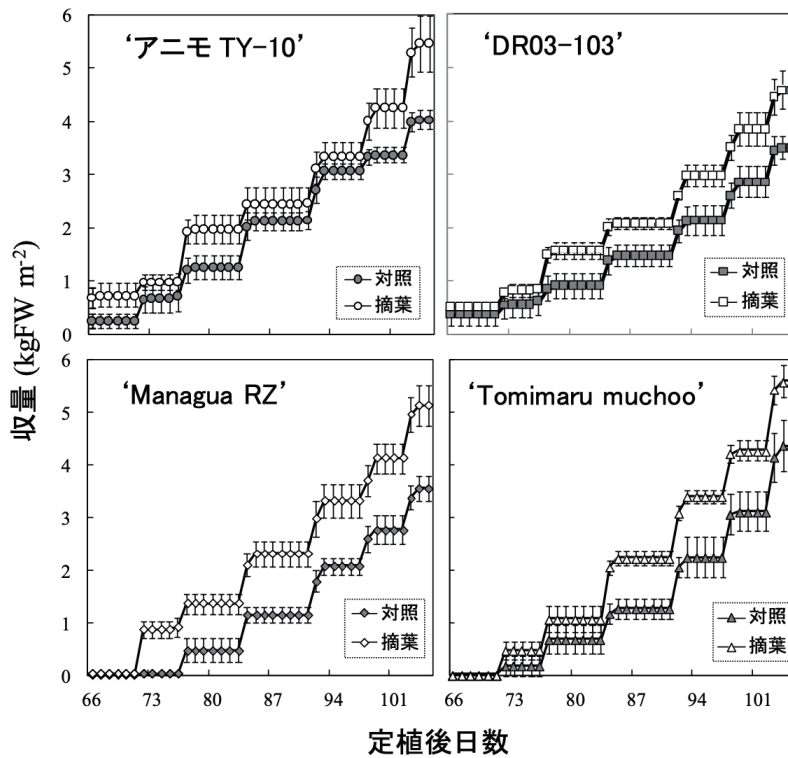


図-4 各品種における未熟葉の摘葉処理が収量に及ぼす影響

図中のエラーバーは標準誤差を示す(n=6)

'DR03-103', 'Managua RZ' および 'Tomimaru muchoo' のLAIはそれぞれ4.4, 3.9, 4.3および3.8 m² m⁻²だったが、摘葉区ではそれぞれ3.5, 3.5, 4.0および3.5 m² m⁻²であり、'アニモ TY-10'の減少幅が最も大きかった。

ハイワイヤー誘引が始まる前の定植後40日頃から、いずれの処理区でもLAIは3 m² m⁻²以上で推移した。

図-4には品種および摘葉処理区別の収量の推移を示した。収穫開始は'アニモ TY-10'と'DR03-103'が早

表一 1 各品種における未熟葉の摘葉処理がトマトの生育に及ぼす影響 (測定日は、定植後 105 日目)

		着生葉数	茎長	平均 個葉面積	節数 ^z	節間長 ^y	果実数 ^x	花房
		(枚/株)	(cm)	(cm ² /葉)	(節/株)	(cm)	(個/株)	(段/株)
アニモ TY-10	対照	26.5	330	737	42.5	7.8	42.5	11.0
	摘葉	19.5	282	833	41.5	6.8	41.5	10.8
DR03-103	対照	26.0	337	680	42.5	7.9	42.5	11.5
	摘葉	19.8	283	865	41.5	6.8	41.5	10.8
Managua RZ	対照	24.5	380	645	42.3	9.0	42.3	11.0
	摘葉	19.5	325	777	42.0	7.7	42.0	11.3
Tomimaru muchoo	対照	24.3	400	622	43.3	9.2	43.3	11.3
	摘葉	20.0	358	795	43.8	8.2	43.8	11.5
品 種		NS ^w	***	NS	**	***	**	NS
摘 葉		***	***	***	NS	***	NS	NS
品種 × 摘葉		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^z 摘葉区は摘葉した節も含む

^y 節間長 = 茎長 ÷ 節数

^x 収穫果実数と未収穫果実数の合計

^w NSはNonsignificantを、*、**、***は、F検定により処理間でそれぞれ5%、1%、0.1%水準で有意であることを示す(n=4).

表一 2 各品種における未熟葉の摘葉処理がトマトの乾物生産および積算受光量に及ぼす影響 (データは定植日から実験終了までの積算値)

		乾物重 ^z			総乾物重 (g plant ⁻¹)	積算受光量 (MJ m ⁻²)
		葉 (g plant ⁻¹)	茎 (g plant ⁻¹)	果実 (g plant ⁻¹)		
アニモ TY-10	対照	144.4	56.6	218.1	419.1	255.2 c ^y
	摘葉	124.9	45.5	259.9	430.2	245.5 d
DR03-103	対照	135.0	53.9	213.9	402.8	257.3 bc
	摘葉	123.1	46.6	237.0	406.6	234.6 e
Managua RZ	対照	160.8	56.2	218.8	435.9	267.9 a
	摘葉	135.3	47.4	248.2	430.8	265.3 ab
Tomimaru muchoo	対照	156.4	70.2	256.7	483.3	248.4 cd
	摘葉	144.2	64.1	258.9	467.2	248.0 cd
品 種		* ^x	**	*	*	***
摘 葉		**	*	**	NS	***
品種 × 摘葉		NS	NS	NS	NS	***

^z 摘葉した下位葉の乾物重は葉の乾物重に、収穫果実の乾物重は果実の乾物重に含まれる。

^y 異なる文字間にはTukeyの多重検定により5%水準で有意であることを示す(n=4).

^x NSはNonsignificantを、*、**、***は、F検定により処理間でそれぞれ5%、1%、0.1%水準で有意であることを示す(n=4).

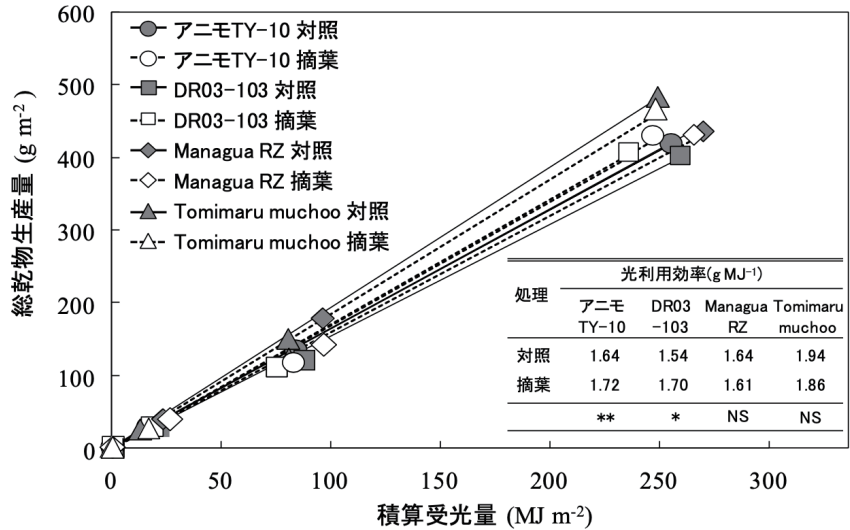


図-5 各品種における未熟葉の摘葉処理が積算受光量と総乾物生産量との関係および光利用効率に及ぼす影響

図中のNSはNonsignificantを, *, **は, t検定により処理間で, それぞれ, 5%, 1%水準で有意差が検出されたことを示す。

く, 'Managua RZ' と 'Tomimaru muchoo' が遅かった。実験を終了した定植後 105 日目までの収量では, いずれの処理区においても品種間の有意な差は認められなかったが, 摘葉処理については有意な差は認められ, 実験終了時の 'アニモ TY-10', 'DR03-103', 'Managua RZ' および 'Tomimaru muchoo' の収量は対照区に比べてそれぞれ約 36, 31, 45 および 28% の増加が見られた。栽培終了時までの花房数は全処理区において約 11 花房で, 節数および総果実数は, いずれの品種でも処理区間で有意差は認められなかった。しかし, 実験終了時の着生葉数, 茎長および節間長は対照区に比べて摘葉区で有意に低下し, 平均個葉面積は有意に大きくなった (表-1)。

表-2には各品種における摘葉処理が定植日から実験終了までの乾物生産および積算受光量に及ぼす影響について示した。乾物重では葉, 茎および果実ともに品種および摘葉による有意な差が認められ, いずれの品種も摘葉により葉と茎は減少したのに対し, 果実は有意に増加した。しかし, 実験終了時までの総乾物生産は摘葉処理による有意差はなかった。積算受光量では品種および摘葉処理によって有意差が認められたが, 品種間に差があり, 日本品種である 'アニモ TY-10' と 'DR03-103' では摘葉によって積算受光量が減少したのに対し, 'Managua RZ' と 'Tomimaru muchoo' では摘葉処理による有意差はなかった。

図-5には, 栽培全期間における各処理区での積算受光量と総乾物生産量との関係を示したが, 全ての品

種および処理区において積算受光量と総乾物生産との間には有意な相関関係が見られた。図-5の回帰直線の傾きは光利用効率を表しており, 他の品種に比べて 'Tomimaru muchoo' が有意に高かった。光利用効率への摘葉処理による影響については, 品種間差があり, 'アニモ TY-10' と 'DR03-103' では光利用効率が増加したが, 'Managua RZ' と 'Tomimaru muchoo' では処理間差はなかった。

図-6は定植後105日に計測した吸光係数を比較したものである。'アニモ TY-10' と 'Tomimaru muchoo' では摘葉による吸光係数の差はなかったが, 'DR03-103' と 'Managua RZ' で有意な低下がみられた。

実験終了時までの地上部総乾物生産量を基に, 各器官別の乾物分配を計算してみると, 図-7のように, 全ての品種において摘葉処理によって葉と茎の分配率が減少し, 果実の分配が増加した。

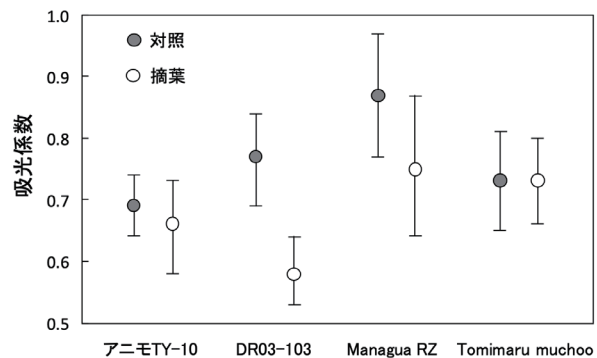


図-6 各品種における未熟葉の摘葉処理後の吸光係数測定日は図中のエラーバーは95%信頼区間を示す。

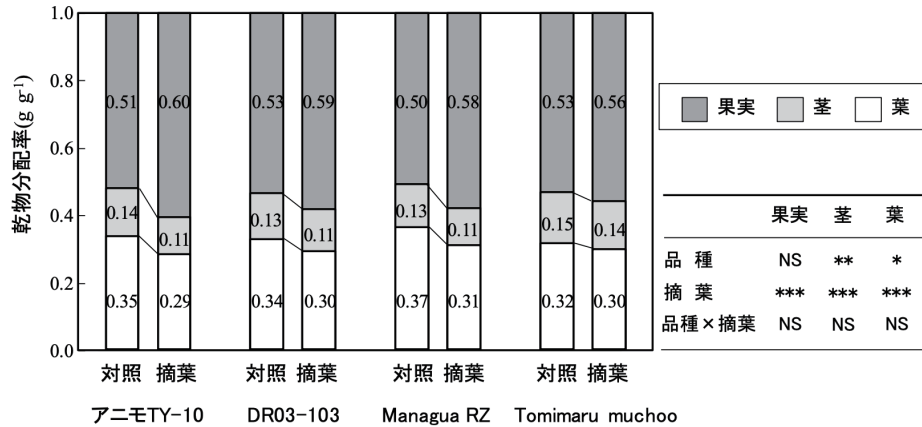


図-7 各品種における未熟葉の摘葉処理がトマトの器官別乾物分配率に及ぼす影響

図中のNSはNonsignificantを、*、**、***は、F検定により処理間でそれぞれ、5%、1%、0.1%水準で有意であることを示す。

IV 考察

本実験ではいずれの品種も摘葉有無にかかわらず、葉の展開速度は同じで、実験終了時の節数は同様であったことから、摘葉処理区では、果房間にある3枚中、1枚を除去したことによって、着生葉数は対照区に比べて3分の2になる計算だが、栽培終了時の着生葉数は、対照区に比べて74～82%の水準であり、67%までは減少しなかった。その理由は摘葉処理によって節間長が有意に短くなり、誘引高さからベッドまでの節数が多く、残った葉数が3分の2よりは多かったためと考えられる。また、摘葉処理開始後、22日の時点(定植後50日)では摘葉によるLAIの低下があったものの、実験終了時のLAIに有意な差がなかったことは、摘葉処理によって着生葉数は減ったが、個葉面積が著しく増えたことで、株あたりの葉面積には大きな差がなかったと考えられる。もし、展開が終わった成熟の葉を摘葉した場合は、単純に着生している葉面積が減ってLAIが減少すると考えられるが、本実験では、未熟葉を摘葉することによって、残された葉の個葉面積に変化をもたらすことが明らかであった。

吸光係数は、成長点から群落の下部までのLAIの増加に伴う、光強度の減少特性、すなわち、群落での光透過の特性を意味する。‘DR03-103’のように、摘葉処理によって吸光係数が大幅に低下したことは、群落内への光透過の特性が変化し、下層までの光透過が増えたことが考えられる。一般的に、光合成有効放射(PAR)が増えると、作物の節間長は短くなるとされており(Kahlen・

Stützel, 2011)、摘葉処理区で節間長が有意に短くなったことも、群落内のPARが増加したことによるものと考えられる。しかし、吸光係数の低下幅が品種ごとに異なることから、摘葉処理による群落内への光透過の改善効果は品種間差があることが示された。本実験で用いた品種は、葉の形状や節間の長さおよび摘葉による個葉面積の変化量の差など、群落の空間分布が異なっていると考えられる。したがって、摘葉後のLAIの低下や吸光係数の増加幅が品種によって異なったことによって、摘葉処理による積算受光量への影響にも品種間差があったと考えられる。日本の2品種は摘葉によって積算受光量が減少したのに対し、他の2品種には有意な差がなかった。それにもかかわらず、‘アニモTY-10’と‘DR03-103’で摘葉処理によって総乾物生産量に有意な差がなかったことは、この2品種の光利用効率が増加したためと考えられる。それに対し、オランダ品種の‘Managua RZ’および‘Tomimaru muchoo’は摘葉処理による積算受光量や光利用効率への影響が少なく、他の品種と同様、総乾物生産に差がなかったと考えられる。

Higashide・Heuvelink (2009)は、光利用効率は個葉の光合成速度と吸光係数の影響を受けるとしている。また、Matsudaら(2011b)は日本品種およびオランダ品種を用いたシンクとソースの比を変えた実験で、シンクソース比の変化は、葉の光合成能力に影響しないと報告している。これらの知見に従えば、本研究での結果が矛盾しないことを示している。

全ての品種において摘葉処理によって総乾物生産量には有意な差がなかったが、地上部の乾物分配率には変動があり、摘葉処理によって茎葉の分配は減少し、果実の

分配は増加した。

Higashide・Heuvelink (2009) は、トマト品種の収量増加の要因解明の研究の中で、果実への乾物分配と収量増加には相関がないと報告しており、一般的なトマト栽培において、シンクとソースのバランスが保たれる条件下では、果実への乾物分配のみが増えて果実の乾物重が増加することは考え難い。しかし、本実験のように、果房間の3枚の葉の内、1枚を人為的に除去すると、本来の分配特性が変化すると推察できる。その理由として、葉は光合成産物の重要なソース器官でありながら、発後展開終了まではシンク器官でもある。すなわち、葉自体が大きくなるまでは同化産物を必要とするが、未熟の状態の葉を除去することによって、葉の展開に必要とされる同化産物が他のシンク器官に分配されたと考えられる。Xiaoら(2004)も同様な実験を行い、未熟葉の摘葉によって果実への乾物分配率が上昇するとし、本実験結果と一致している。また、LAIが低い場合は、果実乾物分配が増加しても収量の増加までは至らなかったが、栽植密度が高く、LAIが十分な場合は収量が増加すると報告した。一般的なトマト栽培では、LAIを3~4 m²m⁻²程度に管理するのが望ましいとされており(Heuvelink, 2005; Heuvelinkら, 2005)、本実験では、品種によって異なったが、摘葉によるLAIの減少は対照区の78~93%水準ではあり、定植後40日以降では既にLAIが3 m²m⁻²以上で推移したことから、摘葉による葉面積の減少が物質生産に大きな影響がなかったと推察され、果実への乾物分配の増加が収量増加の要因になったと考えられる。すなわち、摘葉処理によって定植後105日までに得られた果実収量差の原因は、主に果実への乾物分配の増加によるものと判断した。

トマトの物質生産は、同化産物の要求量であるシンク能と供給量であるソース能のバランスの影響が大きいとされているが、品種や株の状況などによって解析が分かれば、Tanaka・Fujita(1974)は日本のトマト品種を用いた実験で、部分的な摘葉による純同化速度(NAR)の低下や摘果によるNARの増加、成長点付近および側枝の生育初期の葉が初期段階から光合成能力を有していることから、一般的にソース能がシンク容量を上回っていると結論付けた。一方、シンクとなる果実が十分にある場合は葉からの光合成産物の供給が制限要因となり(Heuvelink・Buiskool, 1995)、摘果によって残りの果実重量が大きくなるとした(Heuvelink, 2005)報告もある。本実験では、未熟葉を除去しても、総乾物生産に変動はなく、果実の乾物分配や収量が増加したことから、

未熟葉はソース器官よりシンク器官としての役割が大きいことや摘葉区の株のソース能が収量の制限要因にならなかったことを示唆している。

一方、本実験では、未熟葉の摘葉処理によって茎の乾物重が減少しており、葉だけではなく、同化産物の茎への分配も減少した。中野ら(2012)は、摘果によって過繁茂の状態の株では、余剰な同化産物がデンプンとなり茎に蓄積すると報告している。本実験において茎に蓄積される余剰の同化産物が軽減され果実に分配された可能性も考えられるが、本実験では余剰の同化産物の動態は不明であるため、詳細については更なる調査が必要である。それよりも、茎の乾物重の減少は摘葉区での節間長が有意に減少したことから、茎に利用される同化産物が減少したためと推察した。

以上のことから、果房直上の未熟葉の摘葉は、総乾物生産を低下させず、果実への乾物分配を高められ、結果的に収量の増加が期待できると判断した。

V 摘要

トマト栽培において、シンクソースの割合の変動は、物質生産において大きな影響をもたらすとされる。生産性向上や栄養成長と生殖成長のバランスを保つための手段として摘葉が行われている。本研究では、未熟葉の摘葉が物質生産に及ぼす影響を調べるために、日本およびオランダの4品種を用い、15週間ハイワイヤー誘引による多段栽培を行った。摘葉処理として果房間に着生する3枚の葉から、果房直上の1枚を、まだ展開していない未熟な状態で定期的に除去しながら栽培し、群落内の光環境、生育および収量に及ぼす影響について調査した。いずれの品種でも、未熟葉の除去によって、着生葉数は減少するが、平均個葉面積は大きくなり、節間長は短くなった。また、摘葉処理により、積算受光量、光利用効率に影響を及ぼしたが、その反応は品種によって異なった。総乾物生産量については、いずれの品種でも摘葉処理による有意な差はなかったが、未熟葉の除去は地上部の乾物分配に影響し、摘葉処理区では茎葉の乾物分配率が減少すると共に、果実への分配率が増え、いずれの品種も、摘葉処理区の収量が増加した。本研究では、果実への乾物分配および収量などの結果から、果房直上の未熟葉の摘葉は、トマトの収量向上を可能にすることを示した。

引用文献

- 1) 安藤 聡・中野明正・金子 壮・坂口林香・東出忠桐・島中 誠・木村 哲 (2015) : 日蘭トマト品種の果実成分と収量性. 野茶研報, **14**, 57-63.
- 2) Heuvelink, E. and R. P. M. Buiscool (1995) : Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. *Ann. Bot.*, **75**, 381-389.
- 3) Heuvelink, E. (2005): Crop growth and yield. Tomatoes, 85-144. *CABI Publishing, Wallingford*.
- 4) Heuvelink, E., M. J. Bakker, A. Elings, R. Kaarsemaker and L.F.M. Marcelis (2005) : Effect of leaf area on tomato yield. *Acta Hort.*, **691**, 43-50.
- 5) Higashide, T. and E. Heuvelink (2009) : Physiological and morphological changes over the past 50 years in yield components in tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **134**: 460-465.
- 6) 東出忠桐・後藤一郎・鈴木克己・安場健一郎・塚澤和憲・安 東赫・岩崎泰永 (2012) : 収量構成要素の解析からみたキュウリ短期栽培の摘心およびつる下ろし整枝法の差異. 園学研, **11(4)**, 523-529.
- 7) Higashide, T., A. Nakano and K. Yasuba (2014) : Yield and dry matter production of a Japanese tomato cultivar are improved by grafting onto a Dutch rootstock 'Maxifort'. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.*, **83(3)**, 235-243.
- 8) 岩崎泰永・安 東赫・鈴木真実 (2018) : 側枝を利用した茎数増加が促成栽培トマトの生育, 収量および物質生産に及ぼす影響. 野菜花き研報, **2**, 26-33.
- 9) Kahlen, K. and H. Stützel (2011) : Simplification of a light-based model for estimating final internode length in greenhouse cucumber canopies. *Ann. Bot.*, **108**, 1055-1063.
- 10) 金子 壮・東出忠桐・安場健一郎・大森弘美・中野明正 (2015) : 収量構成要素の解析からみたトマト低段栽培における定植時の苗ステージと栽植密度. 園学研, **14(2)**, 163-170.
- 11) Marcelis, L.F.M., A.G.M. Broekhuijsen, E.M.F.M. Nijis and M.G.M. Raaphorst (2006) : Quantification of the growth response of light quantity of greenhouse grown crops. *Acta Hort.*, **711**, 97-103.
- 12) Matsuda, R., A. Nakano, D. Ahn, K. Suzuki, K. Yasuba and M. Takaichi (2011a) : Growth characteristic and sink strength of fruit at different CO₂ concentrations in a Japanese and a Dutch tomato cultivar. *Sci. Hort.*, **127**, 528-534.
- 13) Matsuda, R., K. Suzuki, A. Nakano, T. Higashide and M. Takaichi (2011b) : Responses of leaf photosynthesis and plant growth to altered source-sink balance in a Japanese and a Dutch tomato cultivar. *Sci. Hort.*, **127**, 520-527.
- 14) Monsi, M. and T. Saeki (2005) : On the factor light in plant communities and its importance for matter production. *Ann. Bot.*, **95**, 549-567.
- 15) 中野明正・松田怜・浄閑正史・鈴木克己・安 東赫・高市益行 (2012) : トマトの摘果に伴う茎からの不定根発生とデンプン蓄積の品種差異. 根の研究, **21(2)**, 39-43.
- 16) 中野明正・安 東赫・東出忠桐 (2015) : トマトのオランダ品種は日本品種に比べカルシウム吸収・移行活性が高い. 野茶研報, **14**, 57-63.
- 17) 大石直記 (2016) : 散乱光センサによるトマト葉面積指数の非破壊評価. 植環工, **28(3)**, 125-132.
- 18) 高橋太郎・石神靖弘・後藤英司・後藤格士 (2012) : 換気窓開放時の対規模温室でのCO₂施用がトマトの成長および収量に及ぼす影響. 植環工, **24(2)**, 110-115.
- 19) Tanaka, A. and Fujita, K. (1974) : Nutriophysiological studies on the tomato plant. IV. Source-sink relationship and structure of the source-sink unit. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **20**, 305-315.
- 20) Xiao, S., A. van der Ploeg, M. Bakker and E. Heuvelink (2004) : Two instead of Three Leaves between Tomato Trusses: Measured and Simulated Effects on Partitioning and Yield. *Acta Hort.*, **691**, 303-308.
- 21) 安場健一郎・鈴木克己・佐々木英和・東出忠桐・高市益行 (2011) : トマト長期多段栽培における多収のための統合環境制御下での温室環境と収量の推移. 野茶研報, **10**, 85-93.
- 22) 農林水産省 (2014) : 次世代施設園芸の全国展開. www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/NextGenerationHorticulture/pdf/siryoku4.pdf

Effects of Removal of Immature Leaves on Growth and Dry Matter Distribution in Tomato Plants

Dong-Hyuk Ahn, Masashi Harada, Yasunaga Iwasaki, and Tadahisa Higashide

Summary

In tomato plants, fluctuation of sink–source ratio greatly influences the productivity. Defoliation is used as a means to improve yield and maintain a balance between vegetative and reproductive growths in tomato cultivation. Experiments were performed to investigate the influence of defoliation of immature leaves on growth and yield, by assessing the change in light use in the canopy and measuring the yield and yield components. Four different tomato cultivars of Japan and the Netherlands were grown hydroponically with a high-wire system in a greenhouse for 15 weeks. As a defoliation treatment, one out of every three leaves occurring between trusses was removed periodically. Only immature leaves of length 5 cm or less were removed. Although the number of leaves attached to the stem during the cultivation period decreased in all cultivars because of defoliation, the individual leaf area increased, and the internode length decreased. In addition, the cumulative intercepted light and light use efficiency were affected by defoliation, but the results varied depending on the cultivar. No significant difference was noted in the total dry matter production with defoliation, regardless of the cultivar. However, removal of the immature leaves markedly affected the distribution of dry matter. The defoliated tomato plants showed decreased stem and leaf dry matter ratio, but increased fruit dry matter ratio, regardless of the cultivar. The defoliation treatment also increased the yield of the tomato plants.

It is concluded, based on fruit dry matter distribution and yield components data, that the removal of one immature leaf between trusses would improve tomato yield.