

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

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	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
発行元	園芸学会
巻/号	11巻4号
巻号補足	
掲載ページ	p. 523-529
発行年月	2012年10月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



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

東出忠桐^{1*}・後藤一郎²・鈴木克己¹・安場健一郎¹・塚澤和憲³・安東赫⁴・岩崎泰永⁴

¹ 農研機構野菜茶業研究所 305-8666 茨城県つくば市観音台

² カネコ種苗 371-0844 群馬県前橋市古市町

³ 埼玉県農林総合研究センター園芸研究所 346-0037 埼玉県久喜市六万部

⁴ 農研機構野菜茶業研究所 470-2351 愛知県知多郡武豊町南中根

Effects of Pinching and Lowering on Cucumber Yield and Yield Components

Tadahisa Higashide^{1*}, Ichiro Gotoh², Katsumi Suzuki¹, Kenichiro Yasuba¹,
Kazunori Tsukazawa³, Dong Hyuk Ahn⁴ and Yasunaga Iwasaki⁴

¹NARO Institute of Vegetable and Tea Science, Tsukuba, Ibaraki 305-8666

²Kaneko seeds Co., Isesaki, Gunma 372-0001

³Saitama Prefectural Agriculture and Forestry Research Center, Kuki, Saitama 346-0037

⁴NARO Institute of Vegetable and Tea Science, Taketoyo, Aichi 470-2351

Abstract

The effects of pinching and lowering on cucumber yield and yield components were investigated. A short-term experiment was conducted on 3 cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars grown hydroponically in a greenhouse from July to October 2011. Pinching plants were pinched at above 20 leaves on a main branch and at the 2nd leaf on the first lateral branches. Lowering plants were pinched at above 15-19 leaves on a main branch and not pinched on 4 lateral branches that were lowered with their growth. The fresh fruit yield of pinching plants in all cultivars was higher than in lowering plants. The high fresh fruit yield was caused by the high dry weight yield, and the high dry weight yield was caused by the high dry matter production and distribution of it to fruits. Total dry matter production was correlated with light interception at 40 days after transplanting, but was correlated with light use efficiency, i.e., dry matter production per intercepted light, during the entire experimental period.

Key Words : dry matter distribution, dry matter production, leaf area index, light interception, plant factory

キーワード : 受光量, 乾物分配, 乾物生産, 植物工場, 葉面積指数

緒 言

キュウリ (*Cucumis sativus* L.) は、かつて我が国の野菜の農業粗生産額の中で第1位を占めていた。しかし、作付面積および出荷量は年々減少し、2009年にはそれぞれ約12,400 ha および約52万tにまで落ち込んだ(農林水産省, 2011)。これは30年前に比べると、作付面積では半分、出荷量では約6割に相当する。このようなキュウリの生産量の減少の原因には、食生活の変化に伴った消費の減少も大きい(石橋, 2006)、生産者の高齢化や担い手不足による生産基盤の減退も大きい。生産基盤の減退には、生産物価格の低迷、燃料や生産資材の高騰に一因があるが、他の施設園芸作物に比べると、キュウリの場合、収穫や整枝誘引

作業に多大な労働時間を要求されることも大きい(農林水産省, 2010)。収穫最盛期には、1日に朝夕2回の収穫と調整作業が必要であり、高齢化の進んだ生産者への負担は大きく、後継者や新規参入者がキュウリを敬遠する原因となる。また、施設園芸作物の日々の作業工程には、整枝、誘引、芽かきや収穫などがあるが、キュウリの作業工程は、施設トマトと比べても、単純化、標準化されているとはいえない。このため経験や技術なしで高い生産性を得ることは難しく、新規参入を困難にしている。

我が国の冬春キュウリおよび夏秋キュウリの収量は統計上ではそれぞれ約10および5 kg・m⁻²である(農林水産省, 2010)。現在、植物工場産野菜の生産物重量当たりの生産コストを3割削減することを目標として農林水産省モデルハウス型植物工場実証・展示・普及事業が行われている(農林水産省, 2009)。生産コストの3割削減を言い換えると、生産コストを同じままで約4割の収量増加を達成すればよいことになる。農研機構つくば植物工場拠点では、トマトやパプリカに加え、キュウリを対象に太陽光利用型施設に

2011年12月26日 受付。2012年5月10日 受理。

本研究の一部は農林水産省モデルハウス型植物工場実証・展示・研修事業および農水省委託プロジェクト研究「生物の光応答メカニズムの解明と高度利用技術の開発」によって行われた。

* Corresponding author. E-mail: ton@affrc.go.jp

において事業を実施しており、弱体化の進むキュウリの生産基盤の再生を目指している（農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所，2011）。その中で，作業の省力化や単純化を検討しながら，短期栽培による多作付けを行うことによって年間収量の増加を果たすことを最も重要な課題として取り組んでいる。

作物の収量の向上を目指すには，作物の生理・生態的な特徴を把握するため，乾物生産や乾物分配などの収量を構成する要素の解析が不可欠である。Higashide・Heuvelink（2009）は，1950～2002年に発表されたトマト品種を収量構成要素から検討して，オランダ品種の多収化が，受光量当たりの乾物重の増加率の向上に基づいた植物全体の乾物生産の増加によることを明らかにした。収量構成要素は階層構造を取っており，下の階層の要素によって上の階層の要素が決まる（第1図；東出，2010）。収量の多少の原因を特定するにはこの階層構造を考慮する必要がある。例えば，収量増加に果実への分配率の増加が影響したと結論付けるには，収量差がみられる品種あるいは処理において，果実への分配率は異なるが，それと同列の階層である総乾物生産量に差異がなく，さらに上位の要素である果実乾物重が収量の多い品種あるいは処理において増加しており，また，収量の多い品種あるいは処理において果実の乾物含量（率）が低下していないことを確認しなければならない。

我が国のキュウリの整枝誘引法にはつる下ろし栽培（加藤・高橋，2005；太田ら，2005）や摘心栽培（千葉県農業試験場，1999；田中・小口，1998；埼玉県園芸試験場，1997）など多種多様なものがある。しかしながら，収量構成要素から整枝誘引法による収量の違いを検討した例はほとんどない。これまでの多くの試験報告は植物の受光量に關与する重要な収量構成要素である葉面積指数（LAI）を明示していない場合がほとんどであり，葉面積の違いによる受光量の差が収量に影響したのか，受光態勢の違いや光合成能力の違いが収量に影響したのかを判別できない。このとき，収量構成要素の解析を行うことによって収量の多少の要因が特定できれば，使用品種の選定や栽培条件の最適化に結び付くと考えられる。本研究では，キュウリ短期栽培のつる下ろし法と摘心法が乾物生産や収量に及ぼす影響を収量構成要素の解析に基づき明らかにした。

材料および方法

実験は，モデルハウス型植物工場実証・展示・研修事業を実施中の農研機構植物工場つくば実証拠点（茨城県つくば市）で行った。施設は軒高5.1 m，面積約2,500 m²のフェンロー型ハウスであり，ハウス屋根の被覆資材は散光性フッ素系フィルム（F クリーン GR ナジジ，AGC グリーンテック）である。2011年6月23日に播種，同月30日に接ぎ木を行った50穴セルトレーの購入苗を用い，同年7月13日に定植した。使用した品種は‘エクセレント節成2号’（埼玉原種育成会），‘KAC-002’（カネコ種苗），‘ズバリ163’

（ときわ研究場）であり，台木には‘バトラー’（カネコ種苗）を用いた。18 m×18 mの栽培室に10列の噴霧水耕方式の養液栽培ベッド（スプレーポニックスシステム，カネコ種苗）を設置した。室内を南北に分けて2反復とし，10列のうち主に第2～4列および第7～9列を調査に用い，第1，5，6および10列は，ガード植物として扱い，果実収穫調査，吸光係数の測定および最終のサンプリングには用いなかった。各品種につき摘心区およびつる下ろし区を設け，‘ズバリ163’および‘エクセレント節成2号’では，摘心区で1処理1品種1反復当たり20個体，つる下ろし区で15個体をそれぞれ2列にわたって定植した。‘KAC-002’では，摘心区で1処理1品種1反復当たり26個体，つる下ろし区で18個体を1列のみ定植した。摘心区およびつる下ろし区の栽植密度は，栽培中期以降のLAIが同等になるようにそれぞれ1.48 個体・m⁻²および0.99 個体・m⁻²とした。

摘心区では，主枝は第20節で摘心し，主枝第5節までに発生した第1次側枝は除去し，主枝第6節以降の第1次側枝は第2節で摘心した。つる下ろし区では主枝は第15～19節で摘心し，主枝第6～12節から発生した生育旺盛な側枝を4本選定して実験終了までこれらを伸ばした。つる下ろしは誘引補助具（石川，2004）を用いて行い，伸ばした4本以外の側枝は除去した。栽培ベッド上面の高さは床面より48 cmであり，誘引ワイヤは床面より200 cmに設置した。すなわち，葉は床面から48～200 cmの間に概ね存在しており，栽培ベッドより下に伸びた第2次側枝などは床面に接触したときに切除した。不要な側枝はできる限り初期のうちに取り除いた。栽培中の下葉は黄変したものを取り除き，除去した茎葉の乾物重は本実験では無視した。

定植日および定植から20，40および98日後にサンプリングを行い，葉面積，葉数，茎長，葉や茎の生体重および乾物重を測定した。定植20および40日後のサンプリングでは，第1，5，6および10列について，ガード植物に囲まれた調査個体を1反復当たり4個体サンプリングした。これは調査個体および残された個体に対する受光状態の影響を避けるためである。なお，定植個体数の少ない‘KAC-002’では，栽植条件を維持しながら調査個体数を確保するために定植40日後のサンプリングは行わなかった。果実の収穫は，定植28～98日後（同年8月10日～10月20日）に，毎日1回（ただし，休日は除く），果実長16～22 cmの果実を収穫し，果実数，生体重および曲りなどの不良果を調査した。なお，収穫果実の調査は，2反復分の全個体を一括して行い，個体当たりの平均果実収量を算出した。このため個体当たり収量に対する統計処理は行わなかった。サンプリング時以外の果実乾物収量は果実生体収量に以下のように得た乾物含量（果実乾物重／生体重）をかけて算出した。すなわち，定植78日後，各区20果実の果実乾物含量（率）は，‘エクセレント節成2号’，‘KAC-002’および‘ズバリ163’では，それぞれ0.050，0.050および0.049（n=40）であり，この値を果実乾物収量の算出に用いた。

栽培室の環境制御にはユビキタス環境制御システム（ステラグリーン）を用い、天窗の換気設定温度は25℃とした。遮光スクリーン（LS スクリーン、誠和）は、定植40日後までは屋外日射が $0.8 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上の場合に、定植41日以降は $1.2 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上で稼働した。細霧冷房システム（有光工業）は、設定気温23℃以上で相対湿度80%以下の場合に噴霧時間を60秒、噴霧周期を120秒として稼働した。夜間（20:00～7:00）はヒートポンプで気温23℃を目標に室内を冷却した。屋外および屋内の気温、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。

培養液は窒素分施方式（中野ら，2006；寺林ら，2004）で管理し、窒素以外の養分を溶解した培養液に対して、毎日1回、 KNO_3 および CaNO_3 を7:3の割合で混合した液を規定量、追加した。追加する窒素の量は、週1回程度、個体当たり $24 \sim 293 \text{ mg} \cdot \text{day}^{-1}$ の範囲で生育に応じて変更した。窒素以外の培養液は、 KH_2PO_4 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ および K_2SO_4 をそれぞれ水1t当たり300、400および300gとなるように調整し、微量要素は MnO 、 B_2O_5 、 Fe 、 Cu 、 Zn および Mo をそれぞれ、0.95、1.45、2.28、0.09、0.18 および 0.04 ppmとした。培養液のECは生育に応じて $1.8 \sim 3.2 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ の範囲で管理した。

吸光係数を測定するため、光量子センサ（LI-190, Li-Cor）を群落の上に設置し、データロガー（GL220, GRAPHTEC）にて30秒ごとに記録した。定植96日後に群落最下部ベッド上の水平面の光合成有効光量子束密度（PPFD）を、ロング光量子センサ（LI-191, Li-Cor）を用いて、1反復当たり10点測定した。測定より2日後、すなわち、定植より98日後のサンプリングによって、測定点の付近の個体、1反復当たり4個体の葉面積を調査して各測定点付近のLAIを求めた。吸光係数の算出方法は以下のとおりである。まず、測定点のLAI（群落の上から測定点の間に存在する葉のLAI）を横軸とし、縦軸（対数軸）を測定点における相対光強度（ I/I_0 ）として散布図を作成した。次に品種および整枝誘引法ごとにそれぞれの座標と、 $\text{LAI} = 0$ 、すなわち、相対光強度1との間で直線回帰式（式1）を求め、吸光係数（ k ）を得た。（式1；Monsi・Saeki, 1953）。

$$I/I_0 = e^{-k \cdot \text{LAI}} \quad \text{式 1}$$

ただし、 I ：測定点の光強度、 I_0 ：群落の上の光強度。
毎日の圃場面積当たりの積算受光量は、次の式にその日のLAI、吸光係数およびその日の積算PPFDを代入して算出した。

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

毎日のLAIは4回のサンプリングから得られた葉面積データから、線形補完によってサンプリング間の値を推定した。また、屋内のPPFDは常時測定しなかったことから、屋外日射と屋内PPFDの実測値から得た換算係数（ $1 \text{ W} \cdot \text{s}^{-1} =$

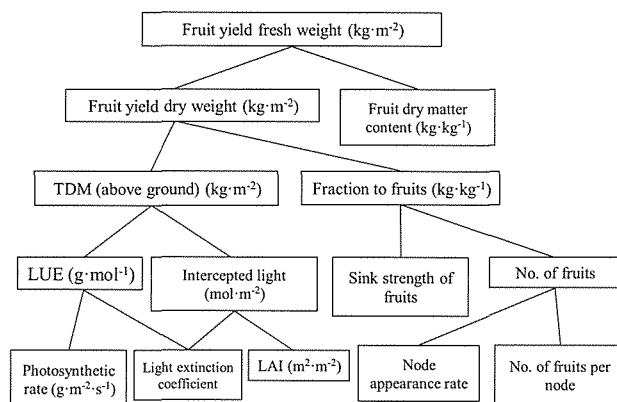


Fig. 1. Components contributing to fresh fruit yield in cucumber: total dry matter production (TDM), light use efficiency (LUE), and leaf area index (LAI).

$0.943 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)を用いて換算した。光利用効率は、積算受光量当たりの乾物生産効率であり、圃場面積当たりの地上部の総乾物生産量（TDM）と積算受光量および光利用効率の関係は次の式で表される。

$$\text{TDM} = \text{光利用効率} \times \text{積算受光量} \quad \text{式 3}$$

これに基づき、以下のように光利用効率を算出した。まず、品種および整枝方法ごとに、圃場面積当たり平均積算受光量を横軸に、TDMの平均値を縦軸にして散布図を作成した。次に、この図から品種および整枝誘引法ごとに直線回帰式を作成し、それぞれの式の傾きを光利用効率とした。

結 果

果実生体収量は、すべての品種でつる下ろし区に比べて摘心区が多かった（第2図）。摘心区内においてもつる下ろし区内においても、‘ズバリ163’の収量が‘エクセレント節成2号’および‘KAC-002’よりも多かった。以上の傾向は収穫果実数においても同様であった。また、可販果率

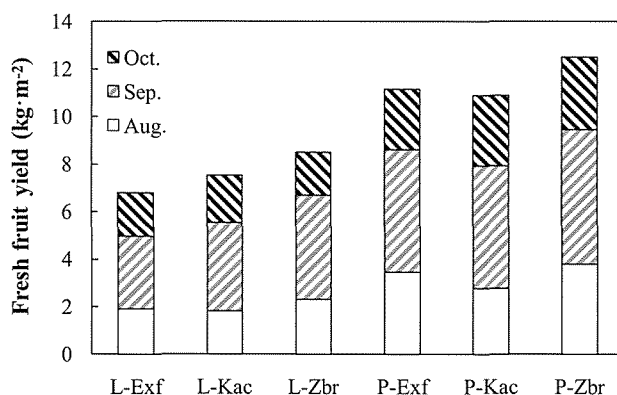


Fig. 2. Fresh fruit yield of cucumber grown with different training methods during the experimental period, Aug. 10–Oct. 20, 2011.

L-: Lowering; P-: Pinching; Exf: Excellent Fushinari 2; Kac: KAC-002; Zbr: Zubari 163.

Table 1. Effects of training methods and cultivars on leaf area, leaf area index (LAI), leaf, stem and fruit dry weight, total dry matter (TDM) above ground, and distribution to fruits at 40 days after transplanting.

Training	Cultivar	Leaf area m ² /plant	LAI m ² ・m ⁻²	Dry weight			TDM g・m ⁻²	Distribution to fruits g・g ⁻¹
				Leaves g/plant	Stem g/plant	Fruits g/plant		
Lowering	Excellent Fushinari 2	1.20 a ^z	1.19 a	37.7 a	16.9 a	52.5 a	105.8 a	0.49 a
	Zubari 163	1.36 a	1.35 a	48.6 a	22.3 b	66.7 b	136.0 b	0.49 a
Pinching	Excellent Fushinari 2	1.18 a	1.76 b	39.8 a	15.9 a	76.6 c	196.2 c	0.58 b
	Zubari 163	1.17 a	1.73 b	48.6 a	19.9 b	79.6 c	219.6 d	0.54 a

^z Different letters indicate significant differences at P < 0.05 by ANOVA followed Tukey's multiple comparison test (n = 8).

Table 2. Correlation coefficient (r) between yield components and growth characteristics of cucumber cultivars grown with different training methods at 40 days after transplanting.

	TDM	LAI	Fraction to fruit	Light use efficiency	Intercepted light	Light extinction coefficient
Yield dry weight	0.99	0.99	0.89	0.86	0.98	-0.96
Significance ^z	*	**	NS	NS	*	*
Total dry matter		0.97	0.82	0.87	0.99	-0.94
Significance		*	NS	NS	**	NS

^z NS = Nonsignificant; * and ** indicate significant correlation at the 0.05 and 0.01 levels, respectively (n = 4). TDM: total dry matter; LAI: leaf area index.

Table 3. Effects of training methods and cultivars on number of leaves, stem length, leaf area, leaf area index (LAI), light extinction coefficient, leaf and stem dry weight, dry fruit yield, total dry matter (TDM) above ground, and distribution to fruits at 98 days after transplanting.

Training	Cultivar	Number of leaves leaves/plant	Stem length m/plant	Leaf area m ² /plant	LAI m ² ・m ⁻²	Light extinction coefficient	Dry weight		Dry fruit yield g・m ⁻²	TDM g・m ⁻²	Distribution to fruits g・g ⁻¹
							Leaves g/plant	Stem g/plant			
Lowering	Excellent Fushinari 2	75 a ^z	22 c	1.6 c	1.6 ab	1.51 ab ^y	67 bc	84 b	345	494 a	0.70 a
	KAC-002	91 a	34 e	1.6 c	1.6 a	1.31 ab	53 ab	107 c	380	538 b	0.71 a
	Zubari 163	85 a	28 d	1.7 c	1.7 ab	1.57 b	63 abc	104 c	423	589 c	0.72 a
Pinching	Excellent Fushinari 2	84 a	8 a	1.4 bc	2.1 b	1.16 ab	72 c	39 a	563	728 d	0.77 b
	KAC-002	120 b	16 b	1.1 ab	1.6 a	1.41 ab	48 a	52 a	551	699 d	0.79 b
	Zubari 163	91 a	9 a	1.0 a	1.4 a	1.09 a	57 abc	46 a	623	775 e	0.81 b

Different letters indicate significant differences at P < 0.05 by ANOVA followed ^zTukey's multiple comparison test or by ^y95% confidence intervals (n = 8).

は、同一品種では摘心区よりつる下ろし区がやや高い傾向がみられた（データ略）。

定植 40 日後の個体当たり葉面積をみると、品種や整枝法を問わず、有意な違いはみられなかった（第 1 表）。一方、LAI についてみると、摘心区の方がつる下ろし区に比べて有意に大きかった。個体当たりの葉の乾物重には、品種、整枝誘引法を問わず、有意な差はみられなかった。個体当たりの果実乾物重についてみると、同一品種では摘心区の方がつる下ろし区よりも多かった。摘心区では品種による果実乾物重の違いはみられなかったが、つる下ろし区では「エクセレント節成 2 号」に比べて「ズバリ 163」の果実乾物重が有意に大きかった。TDM は、同一品種では摘心区の方がつる下ろし区に比べて有意に多かった。また、摘心区およびつる下ろし区ともに「エクセレント節成 2 号」に比

べて「ズバリ 163」の TDM が多かった。TDM に占める果実乾物重の割合、すなわち、果実への乾物分配率についてみると、「エクセレント節成 2 号」では、摘心区がつる下ろし区に比べて多かった。

すべての品種および整枝法の定植 40 日後における収量構成要素間の相関関係をみると、果実乾物収量と TDM との間には有意な正の相関関係がみられ、TDM と LAI との間には有意な正の相関関係がみられた（第 2 表）。また、TDM と圃場面積当たり受光量との間には極めて高い正の相関関係がみられた。果実への乾物分配率や光利用効率などのその他の収量構成要素と TDM との間では有意な相関関係はみられなかった。

実験終了時、すなわち、定植 98 日後についてみると、総茎長は、同一品種ではつる下ろし区が摘心区に比べて長

かった (第3表). 総茎長について摘心区およびつる下ろし区内でそれぞれ品種の違いをみると, 'KAC-002' が他の品種よりも有意に大きかった. LAI についてみると, 同一品種では摘心区とつる下ろし区との間で有意な差はみられなかった. 摘心区では, 'エクセレント節成2号' が他の2品種に比べて LAI が大きかった. つる下ろし区内には品種による LAI の違いはみられなかった. 吸光係数は, 'ズバリ163' の摘心区が同品種のつる下ろし区よりも有意に小さかったが, その他には有意な差はみられなかった. 葉の乾物重についてみると, 摘心区では 'エクセレント節成2号' が 'KAC-002' よりも有意に大きかった. 茎乾物重ではいずれの品種もつる下ろし区の方が摘心区よりも有意に大きかった. つる下ろし区内では 'エクセレント節成2号' が他の2品種に比べて茎乾物重は小さかった. 果実乾物収量は, 果実生体重と同様にすべての品種において摘心区がつる下ろし区に比べて大きかった. 定植98日後の TDM についてみると, 同じ品種では摘心区で有意に多く, つる下ろし区で少なかった. また, 摘心区内およびつる下ろし区内ともに 'ズバリ163' の TDM が他の品種に比べて大きかった. 果実への乾物分配率についてみると, 同一品種ではつる下ろし区に比べて摘心区の方が多かった.

第3図は, 圃場面積当たり積算受光量とキュウリの TDM との関係を示したものである. 品種, 整枝法を問わず, 積算受光量と TDM との間には有意な相関関係がみられ, 有意な回帰直線が得られた. 定植40日後では, 積算受光量は約 $200 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2}$ であり, この時点の積算受光量は摘心区で多く, つる下ろし区で少なかった. 一方, 定植98日後では積算受光量が約 $800 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2}$ となり, 積算受光量は, 'エクセレント節成2号' および 'KAC-002' では摘心区で多くつる下ろし区で少なかった. 光利用効率を第3図の回帰

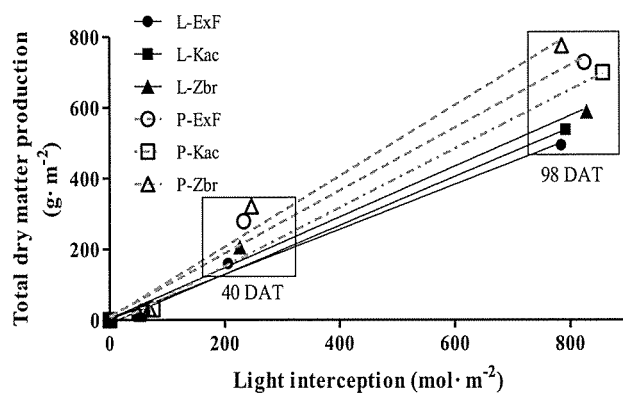


Fig. 3. Total dry matter production above ground as a function of light interception in cucumber cultivars grown with different training methods.

L-: Lowering; P-: Pinching; Exf: Excellent Fushinari 2; Kac: KAC-002; Zbr: Zubari 163; Light use efficiency (95% confidence intervals) of L-Exf, L-Kac, L-Zbr, P-Exf, P-Kac and P-Zbr are 0.79 (0.70–0.88), 0.69 (0.43–0.95), 0.72 (0.49–0.94), 0.89 (0.54–1.23), 0.83 (0.40–1.27), 1.00 (0.59–1.41), respectively; DAT: days after transplanting.

直線の傾きから算出した結果, 0.69 ~ 1.00 の範囲にあり, 95%信頼区間によって比較すると, 品種および整枝誘引法の違いを問わず, 有意な差はみられなかった.

第4表にすべての品種および整枝法における定植98日後のキュウリの収量構成要素間の相関関係を示した. 果実生体収量と果実乾物含量 (率) との間には相関関係はみられないが, 果実乾物収量, TDM および果実への乾物分配率との間には有意な相関関係がみられた. TDM と光利用効率との間には極めて強い相関関係がみられた. TDM と積算受光量との間には有意な相関はみられなかった. 光利用効率と積算受光量との間には有意な相関関係はみられなかったが, 光利用効率と吸光係数との間には負の相関関係がみられた.

考 察

作物の収量構成要素は階層構造を取っており, 下の階層の要素によって上の階層の要素が決まる (東出, 2010). キュウリでもこれは当てはまり, 果実生体収量は果実の乾物含量 (率) と果実乾物収量によって決定し, その果実乾物収量は TDM および果実への乾物分配率によって決定する. さらに TDM は光利用効率および積算受光量によって決定し, 光利用効率は個葉光合成速度と吸光係数によって決まる (第1図). 第2図に示したようにキュウリの果実生体収量には, 品種による差はあるが, 摘心区の方がつる下ろし区よりも多かった. 本試験でこの差が現れた原因について収量構成要素から以下に考察する.

まず, 果実生体収量についてみると, 果実生体収量と果実の乾物含量 (率) との間には相関関係はみられなかったことから (第4表), 果実生体収量には乾物含量 (率) の影響はないものと考えられる. これは定植78日後に測定した果実乾物含量 (率) において品種および整枝法による有意な差がみられなかったことから支持される (データ略). 果実生体収量と果実乾物収量との間には有意な相関関係がみられたことから (第4表), 果実乾物収量の多いことが果実生体収量の多いことにつながったといえる.

次に果実乾物収量についてみると, 果実乾物収量と TDM および果実への乾物分配率はつる下ろし区に比べて摘心区で多かった (第3表). また, 果実乾物収量と TDM および果実への乾物分配率との間にはそれぞれ有意な正の相関関係がみられた (データ略). 従って, 果実乾物収量がつる下ろし区よりも摘心区で多いのは, TDM が多いことおよび果実への乾物分配率の高いことの両方の要因によるといえる. なお, 果実への乾物分配率と収穫果実数の間には有意な相関関係がある ($r=0.84$, $P=0.036$) 一方, 1果重には違いがないことから, 収穫果実数が多いために果実への乾物分配が多かったといえる. 果実数は, 第1図に示すように節の出現速度と節当たりの着果数によって決まる. 本実験では節当たりの着果数は測定していないが, 節の出現速度は葉の出現速度と同じである. 第3表に示すように, 葉数

Table 4. Correlation coefficient (r) between yield components and growth characteristics of cucumber cultivars grown with different training methods at 98 days after transplanting.

	Yield dry weight	Fruit dry matter content	TDM	Fraction to fruit	Light use efficiency	Intercepted light	Light extinction coefficient
Yield fresh weight	0.91	-0.57	0.89	0.89	0.96	0.13	-0.67
Significance ²	*	NS	*	*	**	NS	NS
Total dry matter				1.00	0.94	0.33	-0.74
Significance				***	**	NS	NS
Light use efficiency						0.05	-0.82
Significance						NS	*

²NS = Nonsignificant; *, **, and *** indicate significant correlation at the 0.05, 0.01, and 0.001 levels, respectively (n = 6).

TDM: total dry matter.

は‘KAC-002’の摘心区が他に比べて多いが、それ以外には葉数に差はみられない。従って、葉の出現速度、すなわち、節の出現速度が、収穫果実数の違いに結びついたとは考えにくく、節当たりの着果数の違いが果実数の違いにつながった可能性が高いと推察できる。

さらに TDM の違いが何によるのかについて考察すると、TDM と光利用効率との間には有意な正の相関関係がみられる一方、定植 98 日後までの TDM と積算受光量との間では有意な相関関係はみられなかった (第 4 表)。これらのことから、TDM の違いは、積算受光量の差ではなく、光利用効率の違いによって生じたものといえる。ただし、定植 40 日後では TDM と積算受光量との間に有意な正の相関関係がみられており (第 2 表)、少なくとも定植 40 日後までの TDM が多い理由は LAI の違いに由来する積算受光量の違いであるといえる。最後に光利用効率についてみると、光利用効率と吸光係数との間には有意な負の相関関係がみられており、光利用効率に受光態勢が関与することが示唆される。なお、本実験では個葉の光合成は測定しなかったことから、光利用効率に対する個葉光合成速度の影響は不明である。

収量構成要素の解析から得られた摘心とつる下ろしの物質生産特性の違いについて以下に考察する。摘心区では第 2 次側枝を除けば、途中から新しい葉の展開はないのに対してつる下ろし区では順次、新葉が展開する。つまり、摘心区では生産した乾物を新葉の展開に分配する必要はないが、つる下ろし区では生産された乾物を新葉の展開 (葉および茎) と果実生産の両方に利用しなければならない。つる下ろし区の果実への乾物分配率が摘心区に比べて少ないのはこのためであり、この結果、果実生体収量がつる下ろし区で少なかったと考えられる。また、摘心区ではつる下ろし区よりも長い期間、成熟葉を利用して物質生産を行うのに対し、つる下ろし区では順次、葉は更新される。さらにつる下ろし区では光合成能力の未熟な展開中の葉が群落上部に位置し、成熟葉は群落下部へ移動する。これらも果実への乾物分配がつる下ろし区に比べて摘心区で多いことに関係したと推察できる。乾物分配率への影響だけでなく、葉の利用期間や群落内での位置は積算受光量や光利用効率に対しても、少なからず影響したと推察できる。すなわち、

つる下ろし区では群落下部の弱光条件に光合成能の高い成熟葉が存在することが、光利用効率の低下につながった可能性がある。

栽培期間全体では、果実生体・乾物収量や TDM に対する積算受光量の影響はみられなかったが、定植 40 日後では、つる下ろし区に比べて摘心区の積算受光量が多く、これが TDM や果実生体・乾物収量が多いことにつながっていた。また、この積算受光量の違いは、LAI の違いによるものであった。つまり、つる下ろし区では栽培初期に LAI が低いため、TDM や果実生体収量が少なかったといえる。この結果から、つる下ろしを行う場合でも、栽植密度や茎密度の調節によって栽培初期の LAI を高めることが、TDM や果実生体収量の増加に結びつく可能性が示唆された。今回、測定されたキュウリ群落の吸光係数は 1.09 ~ 1.57 であり (第 4 表)、式 1 に本実験で得られた吸光係数の平均値 1.17 を代入すると、LAI が 2 の場合に約 90% の光が群落に吸収されることがわかる。式 1 からわかるように LAI が多すぎても少なすぎても光を効率的に利用することはできないことから、つる下ろしを行う場合も摘心を行う場合も、適正な LAI に管理することが重要である。また、トマト群落の吸光係数はおよそ 0.8 であり、約 90% の光が吸収される LAI は約 3 になると試算され (Heuvelink, 2005)、同じ LAI では、下葉の光強度はトマトよりもキュウリの方が低い。以上より、受光量から見た適正な LAI はトマトに比べてキュウリの方が小さいことが示唆される。

先に述べたように、摘心区では生産した乾物を新葉の展開に分配する必要はなく、このために果実への乾物分配率がつる下ろし区に比べて多い。しかしながら、つる下ろし区では葉は順次更新されるのに対し、摘心区では最初に展開した葉を長い期間利用しなければならない。葉は時間とともに老化して、これに伴い個葉の光合成速度も低下する (Makino ら, 1985)。従って、摘心栽培は、栽培が長期化すると物質生産の効率が低下する可能性が推察されることから、短期栽培向きであると考えられる。これに対し、つる下ろし栽培には葉の寿命による期間の制約が少なく、長期栽培に適すると考えられる。なお、可販果収量は果実生体収量と可販果率によって決まる。本試験の結果では、摘心

区よりもつる下ろし区の方がやや可販果率が高く、これは、山下ら (1985) の結果とも一致している。収量構成要素の解析から得られたこれらの知見は、生産者が適切な品種や整枝法を選択する際の参考になると考えられる。

以上をまとめると、本試験で用いた品種では、果実生体収量が多かった摘心区および品種では果実乾物収量が多く、この果実乾物収量が多い理由としては果実への乾物分配率および TDM とともに多いためであることが明らかになった。TDM の違いは、光利用効率の違いによるとみられたが、定植後 40 日までは積算受光量の違いが TDM に影響していた。摘心栽培で果実への乾物分配率が多い理由は、乾物を新葉の展開に分配しなくてもよいためであると考察された。これらの結果から、摘心栽培では栽培期間を適正な長さにすること、つる下ろし栽培では栽培初期の LAI を高めることが、それぞれの整枝法の収量増加につながるものと示唆される。

摘 要

キュウリ短期栽培においてつる下ろし法および摘心法が乾物生産や収量に及ぼす影響を収量構成要素から解析した。太陽光利用型植物工場内で噴霧耕方式の養液栽培により、3 品種のキュウリについて、4 本の側枝を伸ばしてつる下ろしを行う場合と、主枝を第 20 節および側枝を第 2 節で摘心する場合とを比較した。2011 年 7～10 月に比較実験を行ったところ、果実生体収量は、すべての品種でつる下ろし区に比べて摘心区の方が多かった。収量の多少の原因について収量構成要素から解析すると、果実生体収量が多かった摘心区および品種では果実乾物収量が多かった。果実乾物収量が多い理由は、果実への乾物分配率および TDM がともに多いためであった。実験期間全体の TDM の違いは光利用効率の違いに関係していた。ただし、定植後 40 日までは積算受光量の違いが TDM や収量に影響していた。

引用文献

千葉県農業試験場. 1999. キュウリ 2 作型の組み合わせによる収量、品質、所得の向上. 平成 10 年度関東東海農業研究成果情報. p. 522–523.

Heuvelink, E. 2005. Leaf area and light interception. Tomatoes. p. 87–90. CABI Publishing. Oxfordshire.

東出忠桐. 2010. トマト = 植物としての特性、生理、生態的特性. 農業技術体系. 2 巻. p. 基 18 の 2–9. 農文協. 東京.

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.

石橋喜美子. 2006. 家計における食料消費構造の解明—年齢階層別および世帯類型別アプローチによる—. p. 1–

129. 農林統計協会. 東京.

石川貴之. 2004. キュウリのつる下ろしに便利な誘引具. 平成 16 年度関東東海北陸農業研究成果情報. <http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto16/10/16_10_09.html>.

加藤香織・高橋 登. 2005. キュウリつる下ろし栽培における整枝法. 群馬農技セ研報. 2: 121–129.

Makino, A., T. Mae and K. Ohira. 1985. Photosynthesis and ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase in rice leaves from emergence through senescence. Quantitative analysis by carboxylation/oxygenation and regeneration of ribulose 1,5-bisphosphate. Planta 166: 414–420.

Monsi, M. and T. Saeki. 1953. Über den lichtfaktor in den pflanzenengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. Jpn. J. Bot. 14: 22–52.

中野有加・渡辺慎一・川嶋浩樹・高市益行. 2006. トマト水耕栽培の無機成分の日施用法における施用量が収量、品質および無機成分吸収量に及ぼす影響. 園学雑. 75: 421–429.

農業・食品産業技術総合研究機構野菜茶業研究所. 2011. 農林水産省「モデルハウス型植物工場実証・展示・研修事業」農研機構自然光利用型植物工場つくば実証拠点コンソーシアム紹介. p. 1–10.

農林水産省. 2009. 事業概要について. 平成 21 年度補正予算「モデルハウス型植物工場実証・展示・研修事業」.<http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/plant_factory/p_modelhouse/>.

農林水産省. 2010. 野菜の農業経営収支・作業別労働時間. 野菜・果樹品目別統計. e-Stat 政府の統計窓口.

農林水産省. 2011. 全国の作付面積・収穫量・出荷量. 平成 21 年産野菜生産出荷統計. e-Stat 政府の統計窓口.

太田友代・清野英樹・井上直和. 2005. 施設キュウリの新整枝法「つる下ろし栽培」の特徴と生産安定技術. 埼玉農総セ研報. 4: 79–83.

埼玉県園芸試験場. 1997. キュウリの施設栽培における短期採りに適した品種特性. 農研センター成果情報.<<http://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/3010005722>>.

田中昭夫・小口 裕. 1998. 温暖地中産間地域における夏秋キュウリの短期どり 2 期作体系. 平成 9 年度近畿中国農業研究成果情報. p. 215–216.

寺林 敏・浅香智孝・戸祭 章・伊達修一・藤目幸廣. 2004. トマト水耕栽培における硝酸態窒素およびリンの定量施与が養分吸収および果実生産に及ぼす影響. 園学研. 3: 195–200.

山下文秋・武井昭夫・山田金雄・堀田行敏・伊藤克己. 1985. 夏系キュウリの長期栽培に関する研究 (第 3 報). 愛知農総試研報. 17: 157–164.