

養液栽培におけるハウスキュウリの 作期前進化多収生産技術

穂崎健昌・山崎浩実・山本正志*・下藤優子**

Advancement cropping season and high-yield production methods for greenhouse cucumbers (*Cucumis sativus* L.) in hydroponic cultivation

Takemasa HOSAKI, Hiromi YAMASAKI, Masashi YAMAMOTO* and Yuuko SHIMOFUJI**

要 約

キュウリ‘常翔661’を用いた養液栽培において、定植時期を通常の9月下旬～10月上旬よりも早め、多収生産となる技術を検討し、以下の結果を得た。

- 促成型の長期栽培において8月および9月定植は10月定植に比べて、年内収量は著しく多いものの、1月以降は萎凋症状により枯死する枝が多くなり4月以降の栽培が困難となったことから、6月末まで栽培した10月定植に比べて総収量は8月定植で60%、9月定植で52%と著しく少なかった。
- 8月および9月定植の抑制栽培と1月および2月定植の半促成栽培の年2作体系とすることで後半の萎凋症状による減収を少なくすることができた。また、誘引枝の整枝方法を検討したところ、誘引枝を10節毎に更新摘心を行う方法(10節更新栽培)、誘引枝が10節以上展開かつ開花節位が6節以上の場合に更新摘心を行う方法(10-6更新栽培)のいずれかを行うことで、更新摘心を行わない慣行つる下げ栽培に比べ著しい増収となった。
- 10節更新栽培および10-6更新栽培は慣行つる下げ栽培に比べて、つる下ろしや摘葉の作業回数を減らすことができ、作業時間については1枝当たりのつる下ろし時間が多くかかるが、1枚当たりの摘葉時間がやや少なく、1果実当たりの収穫時間が著しく少なかった。つる下ろし、摘葉、摘心、収穫に要する総作業時間は著しく短かった。
- 収量性および作業性の面から、抑制栽培においては10節更新栽培が、半促成栽培においては10-6更新栽培が適すると考えられ、8月定植の10節更新栽培と1月定植の10-6更新栽培、9月定植の10節更新栽培と2月定植の10-6更新栽培を年2作体系として組み合わせた総作業時間を10月定植の長期1作慣行つる下げ栽培と比較したところ、同等～やや短くなると計算された。

キーワード：キュウリ、養液栽培、作期前進、多収生産、年2作体系、更新摘心

はじめに

高知県内の冬春キュウリは、9月下旬～10月上旬に定植し、翌年5月末～6月末まで栽培する作型が一般的である。近年、販売単価の高い年内⁹⁾の増収を目指して、従来から定植時期を早めた栽培が取り組まれ始めたが、年内の低日照期を中心に着果が不安定となることが多く、作期前進化栽培における安定生産技術の

開発が求められている。また、高齢化などにより、農家戸数や栽培面積は減少傾向で、出荷量、販売額の維持・拡大のため、さらなる増収技術や作期延長技術の開発、これらに対応できる省力化技術の開発が望まれている。そこで、土作りや土壌消毒が不要なため、作期の延長が可能な養液栽培において、着果が安定して多収生産となり、また省力化となる栽培技術の開発に

* 現高知県農業振興部農業イノベーション推進課

** 現高知県中央西農業振興センター高知農業改良普及所
2023年8月16日受理

取り組んだ。

本研究は内閣府地方大学・地域産業創生交付金「I o P (Internet of Plants)」が導く「Next 次世代型施設園芸農業」への進化」の助成を受けて実施した。

材料および方法

試験はPOフィルム展張の軒高3.5m, 間口7.5m, 奥行き20mの単棟フェンロー型ハウスを用い, 養液栽培で栽培ベッドの高さは地上0.2m, 地面から株の地際までの高さは0.3mとした。品種「常翔661」(台木:「RK-3」)を使用し, 72穴プラグ苗(株)ベルグアース製)をヤシガラキューブ(商品名:ココディスク, 10×10×2.5cm(吸水前))に移植して育成した苗を, ベッド幅1.5m, 株間0.4m(1.67株/m²)で定植した。なお, 培地はヤシガラスラブ(商品名:グローバッグ, 100×20×2.5cm)とし, 培養液を十分に吸水させて復元したものをを用いた。

培養液は単肥配合で山崎キュウリ処方に基づいた高知方式湛液型ロックウールシステムにおける培養液組成⁷⁾(1.0単位, EC2.0dS/m, NO₃-N13.0me/L, NH₄-N1.0me/L, P5.8me/L, K6.9me/L, Ca7.04me/L, Mg3.0me/L, Fe1.4ppm, B0.5ppm, Zn0.4ppm, Mn0.2ppm, Cu0.02ppm, Mo0.01ppm)とし, 給液ECはらくらく肥料管理機4(株)セムコーポレーション)を用いて2.0dS/mに管理した。給液制御にはアクアマイスター((株)丸昇農材)を使用した。給液は日の出～日の出30分後を目安に開始し, 20分毎に7回タイマー給液(約150mL/株/回)を行った後, 排液率30~50%を目標に1回当たり375mL/株を日射比例制御にて給液した。

ハウス内の温度管理は日中が25~28℃を目標に換気し, 夜間は日の入から3~4時間後までを12℃, 以降日の出2時間前までを14℃, 日の出2時間前から日の出までを17℃, 日の出以降は20℃を下回らないようにハウスカオンキ27(株)ネポン)を使用して加温した。また, ハウス内の飽差値が7.0g/m³を超えた場合は細霧装置Cool BIM(株)いけうち製, 粒径10~30μm)により加温した。

CO₂施用には灯油燃焼式炭酸ガス施用機(株)ネポン製CG-254S1)を用いた。濃度制御として, 時期によって設定を違え, 400ppm~800ppmの設定値を下回った場合に, 株元に設置したダクトから施用した。施用時間帯は日の出30分~1時間後から日の入30分~1時間前までとした。

試験1. 定植時期の検討

2019年8月5日に定植(7月31日移植)した8月定植(以下, 8月定植区), 9月5日に定植(8月31日移植)した9月定植(以下, 9月定植区), 10月4日に定植(9月30日移植)した10月定植(以下, 10月定植区)において, 生育および収量への影響を比較した。

主枝は15節で摘心し, 主枝の上位4節の側枝を誘引枝

とする4本仕立てとした。誘引枝以外の側枝(以下側枝とする)は1節で摘心し, 収穫後主枝まで切り戻した。誘引枝はつる下げ栽培とし, 地上1.5mの高さのエスター線に設置した誘引クリップ(商品名:フラワーピンチFL-3)に誘引した誘引枝の成長点が, 地上2.1mの誘引線を0.1~0.2m程度越えたと0.4~0.5m程度つる下ろしを行った。誘引枝の摘葉は, つる下ろし時に直ちに誘引できない位置の葉を摘除した。

調査は各区とも全体27株(誘引枝108枝)のうち, 主枝では連続した8株, 誘引枝では生育が標準的な枝を無作為に選んだ8枝(反復なし)を対象とした。生育, 開花, 収穫調査として誘引枝で7日ごとに誘引枝長, 誘引枝節数, 開花節位を調査し, 開花日, 収穫日, 果重および品質は毎日調査し, 流れ果率を求めた。品質はJA高知県出荷規格に準じて評価した。なお, 生育中に萎凋症状により枯死する枝が発生したため, 誘引枝収量については, 調査枝の収量に, 月毎に調べた試験区全誘引枝のうち枯死していない枝の割合である残存誘引枝率を乗じた値に, 栽植本数(6,667枝/10a)を乗じて10aあたりに換算した。これに誘引枝以外の主枝および側枝の収量を合わせて10aあたりの収量とした。試験は2020年6月30日までとしたが, 8月定植および9月定植区においては, 誘引枝の枯死が多く, 試験継続が困難となったことから, 生育および収量調査は3月31日までとした。

試験2. 抑制栽培および半促成栽培における整枝方法の検討

試験1で作期前進化栽培においては長期栽培が難しいと考えられたことから, 抑制栽培と半促成栽培に分けた栽培方法の検討として, 2021~2022年に抑制栽培である8月定植(2021年8月2日移植, 8月6日定植)-12月栽培終了および9月定植(2021年9月1日移植, 9月7日定植)-1月栽培終了の作型と, 半促成栽培である1月定植(2022年1月7日移植, 1月14日定植)-6月栽培終了と2月定植(2022年2月14日移植, 2月22日定植)-7月栽培終了の作型において, 誘引枝の整枝方法の違いが, 生育および収量におよぼす影響を調査した。

整枝方法は誘引枝を10節展開毎に摘心し, 摘心部直下から発生するわき芽を新たな誘引枝とする10節更新区(図1), 誘引枝が10節以上のびかつ開花節位(展開第1葉を1節とした時の最上位開花節までの節数)が6節以上となった場合のみ摘心を行う10-6更新区, 誘引枝の摘心を行わない慣行つる下げ区とした。なお, 10節更新区および10-6更新区における1回目の摘心のタイミングは, 全ての誘引枝が地上1.5mのエスター線に届いて, 誘引クリップで誘引できるようになったタイミングとした。なお, 更新の基準を10節としたのは, つる下ろし時に直ちに誘

引できる節数が概ね10節であったためである。

主枝は9節で摘心し、主枝の2～5節目および6～9節目から発生した側枝それぞれ2本を誘引枝とし、4本仕立てとした。慣行つる下げ区における管理方法は試験1と同様とし、10節更新区および10-6更新区においても基本的に慣行つる下げ区と同じ方法で誘引を行ったが、摘葉については直立に誘引できる位置の葉であっても、老化して黄化した葉や巻いた葉は週に1回程度摘葉した。

8月定植については、11月30日に全区で誘引枝の最終摘心を行い、12月24日に栽培を終了した。9月定植においては2022年1月6日に全区で誘引枝の最終摘心を行い、1月31日に栽培を終了した。1月定植においては6月9日に全区で誘引枝の最終摘心を行い、6月30日に栽培を終了し、2月定植においては7月11日に全区で誘引枝の最終摘心を行い、7月31日に栽培を終了した。

調査は試験1と同様としたが、収量については調査枝の収量に、旬毎に調べた試験区全誘引枝のうち枯死していない枝の割合である残存誘引枝率を乗じて計算した。

試験3. 作業性回数および作業時間の評価

試験2の各区において、つる下ろし、摘葉、収穫、摘心について作業回数を調査した。また、10節更新区と慣行つる下げ区において、各作業に要する時間を調査した。

作業回数については各区とも作業時に毎回記録し、つる下ろし作業時間については2021年9月～11月に10節更新区で4回、慣行つる下げ区で7回調査し、1枝当たりの平均作業時間を求めた。摘葉作業については、2021年9月～11月に10節更新区と慣行つる下げ区において各区8回、1枝につき3枚ずつ摘葉する時間を計測し、1枚の摘葉に要する時間を算出した。摘心時間については、2022年3～5月に10節更新区で3回調査を行い、1枝当たりの摘心時間を計算した。収穫時間は2021年10月～2022年6月に10節更新区、慣行つる下げ区で各区14回調査し、1果実当たりの収穫時間を求めた。調査は各作業とも各区1ベッド（ベッド長11m、27株）を使用して行った。

さらに、つる下ろしについては作業回数と1枝当たりの作業時間から、摘葉については試験2の節数と1枚当たりの摘葉時間から、摘心については試験2の摘心回数と1枝当たりの摘心時間から、収穫については試験2の収穫果数と1果実当たりの収穫時間より、10aあたりの作業時間を計算した。なお、10-6更新区は、つる下ろしおよび摘心の1枝当たり、摘葉1枚当たり、収穫1果あたりの作業時間は10節更新区と同じとして計算した。

結 果

試験1. 定植時期の検討

8月定植区および9月定植区、10月定植区は、以下の生育、収量特性を示した。

伸長量および増加節数は、各区とも定植から2月上旬頃までは小さくなっていく傾向であるが、定植時期にかかわらずほぼ同じ傾向を示し、同一時期の誘引枝長、節数は定植が早い8月定植区が最も多く、次いで9月定植区が多かった(図2, 3)。

誘引枝の流れ果率は変動が大きかったが、12月までは各区とも50%以上で推移する時期が多く、2月以降は概ね20%以下で推移した。1月中旬～2月下旬の流れ果率は8月定植区が最も低く、次いで9月定植区が低い傾向であった(図4)。

8月定植区においては12月から、9月定植区においては1月から萎凋症状により枯死する枝が見られ始め、残存誘引枝率は1月から3月にかけて急激に低下した。10月定植区は2月より残存誘引枝率が低下し始めたが、8月および9月定植区ほど急激に低下することなく、6月時点でも60%は維持できていた(図5)。

可販果収量は、10月定植区に比べて、年内収量で8月定植区は193%増、9月定植区では107%増と著しく多かった。1月以降は8月、9月定植区で残存誘引枝率が少なくなったことから、両区とも著しく少なくなり、3月末で調査を終了したことから、最終の収量は8月定植で60%、9月定植で52%と著しく少なかった(図6)。



図1 10節更新栽培の模式図

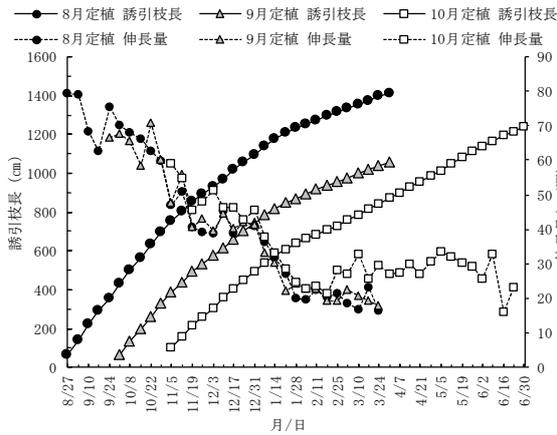


図2 定植時期の違いが誘引枝長および伸長量に及ぼす影響

注) 伸長量は表示日から7日間の伸長量

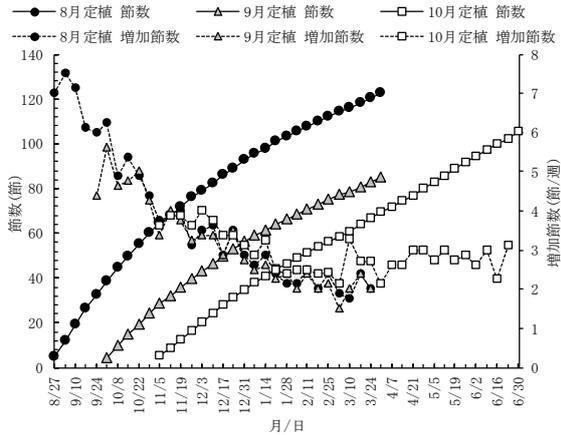


図3 定植時期の違いが節数および増加節数に及ぼす影響

注) 増加節数は表示日から7日間の増加節数

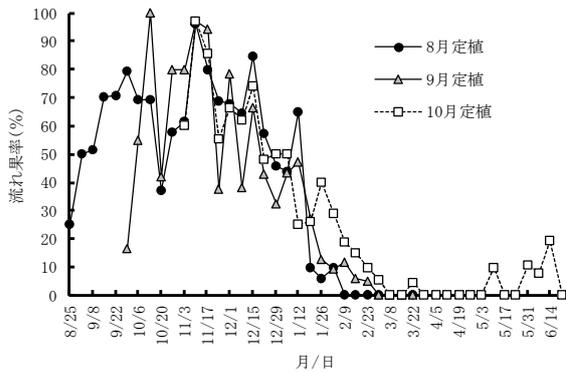


図4 定植時期の違いが流れ果率に及ぼす影響

注) 表示日から7日間に開花した各節の1番花の雌花のうち、収穫に至らなかったものの割合

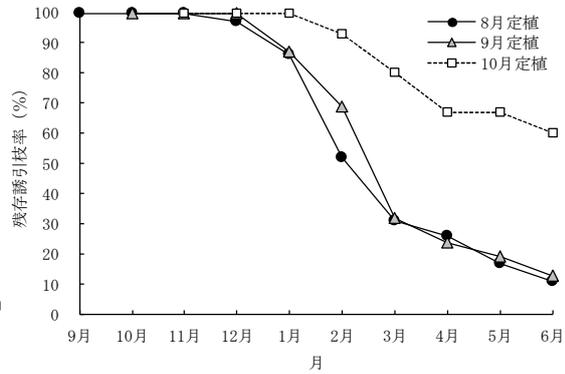


図5 定植時期の違いが残存誘引枝率に及ぼす影響

注) 各区とも試験区全誘引枝(108枝)のうち、萎凋症状により枯死しなかった枝の割合

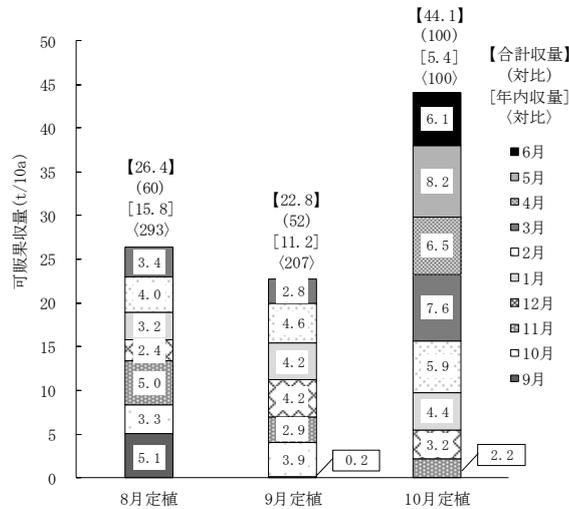


図6 定植時期の違いが可販果収量に及ぼす影響

注) 調査枝の収量に月別の残存誘引枝率を乗じて計算した、JA高知県出荷規格のA品及びB品の合計収量

試験2. 抑制栽培および半促成栽培における整枝方法の検討

1) 8月定植-12月栽培終了の場合

8月定植において、整枝方法を違えた場合、以下の生育、収量特性を示した。

10-6更新区において、前回更新位置より10節以上展開時点で、開花節位は常に6節以上であったため、摘心日および回数は10-6更新区および10節更新区の両区とも同じで4回であった(表1)。誘引枝長および節数は10節更新区および10-6更新区とも慣行つる下げ区に比べ、著しく少なく推移した(図7, 8)。開花節位は10節更新区および10-6更新区とも概ね同様に推移し、慣行つる下げ区に比べ、著しく高く推移した(図9)。流れ果率は10節更新区および10-6更新区とも慣行つる下げ区に比べ、著しく低く推移した(図10)。

残存誘引枝率は各区とも11月下旬から低下し始め、最終の残存誘引枝率は88~91%でほぼ同等であった(図11)。各月の可販果収量は10節更新区、10-6更新区はほぼ同じで、慣行つる下げ区と比較して9~11月は著しく多く、12月は少なかったものの、両区とも合計では50%以上多かった(図12)。

表1 8月定植における摘心日と摘心間隔

	10節更新区		10-6更新区	
	摘心日	摘心間隔	摘心日	摘心間隔
1回目	8/28	-	8/28	-
2回目	9/13	16	9/13	16
3回目	10/1	18	10/1	18
4回目	10/24	23	10/24	23

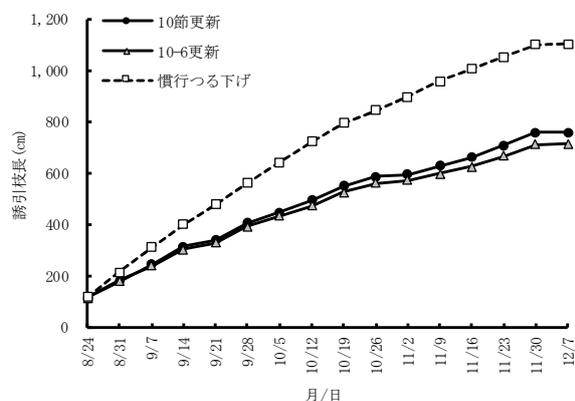


図7 整枝方法の違いが誘引枝長に及ぼす影響 (8月定植)

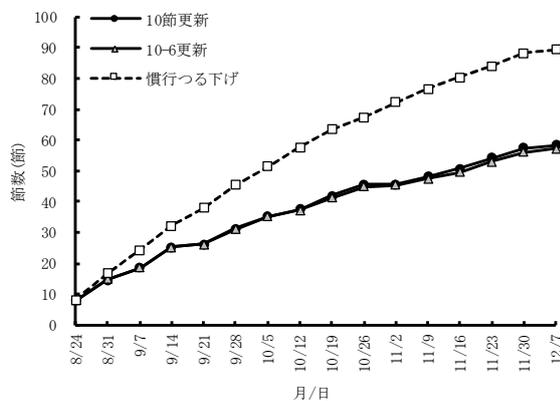


図8 整枝方法の違いが節数に及ぼす影響 (8月定植)

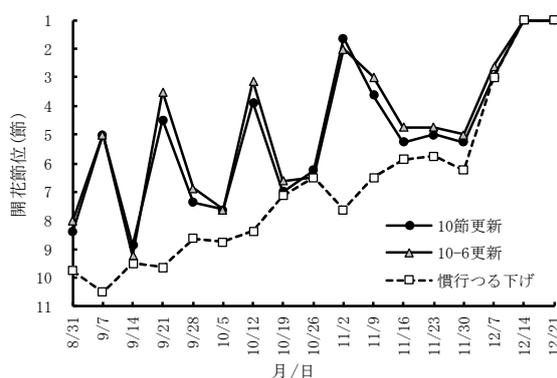


図9 整枝方法の違いが開花節位に及ぼす影響 (8月定植)

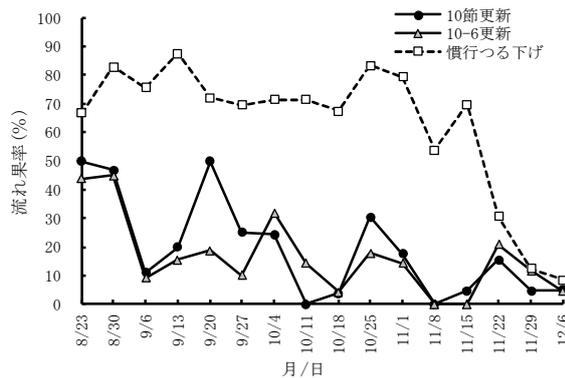


図10 整枝方法の違いが流れ果率に及ぼす影響 (8月定植)

注1) 展開第1葉を1節として、最上位開花節までの節数
 2) 調査枝の内、開花3日以内の節を対象に調査した。

注) 表示日から7日間に開花した各節の1番花の雌花のうち、収穫に至らなかったものの割合。

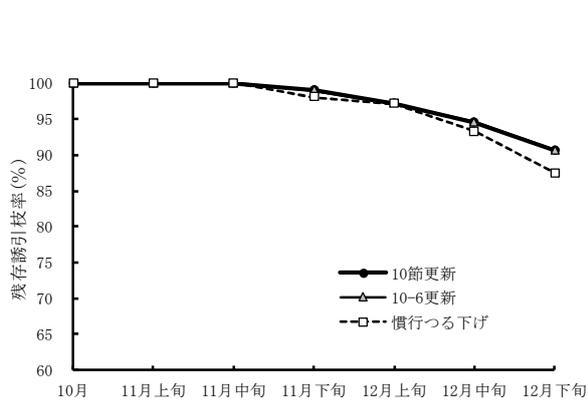


図11 整枝方法の違いが残存誘引枝率に及ぼす影響 (8月定植)

注) 各区とも試験区全誘引枝(108枝)のうち、萎凋症状により枯死しなかった枝の割合。

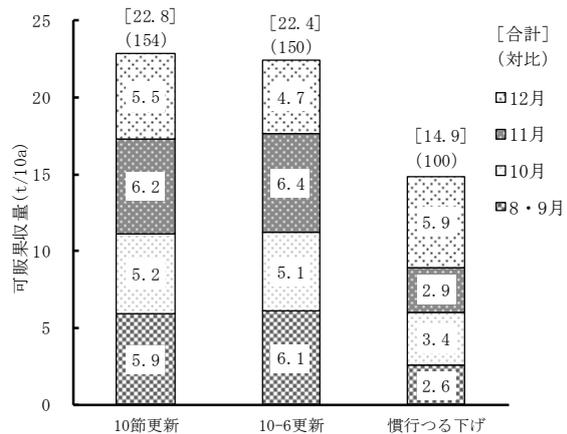


図12 整枝方法の違いが可販果収量に及ぼす影響 (8月定植)

注) 調査枝の収量に旬別の残存誘引枝率を乗じて計算した、JA高知県出荷規格のA品及びB品の合計収量。

2) 9月定植-1月栽培終了の場合

9月定植において、10節更新区および10-6更新区は慣行つる下げ区に比べ、以下の生育、収量特性を示した。

摘心回数は10節更新区で4回、10-6更新区で3回であった(表2)。誘引枝長および節数は両区とも著しく少なく推移し、10節更新区では4回目の摘心後、10-6更新区より少なく推移した。最終の節数は10節更新区で30節、10-6更新区で23節少なかった(図13, 14)。開花節位は両区ともに摘心により高くなった(図15)。流れ果率は両区とも11月までは著しく低く、12月に摘心を行った10節更新区は12月も著しく低く推移した(図16)。

残存誘引枝率は両区とも1月上旬以降やや高く〜

著しく高く推移した(図17)。各月の可販果収量は両区とも12月までは著しく多く、1月は10-6更新区で著しく多かった。総収量では10節更新区が75%、10-6更新区が81%多かった(図18)。

表2 9月定植における摘心日と摘心間隔

	10節更新区		10-6更新区	
	摘心日	摘心間隔	摘心日	摘心間隔
1回目	9/30	-	9/30	-
2回目	10/18	18	10/18	18
3回目	11/16	29	11/16	29
4回目	12/16	30	-	-

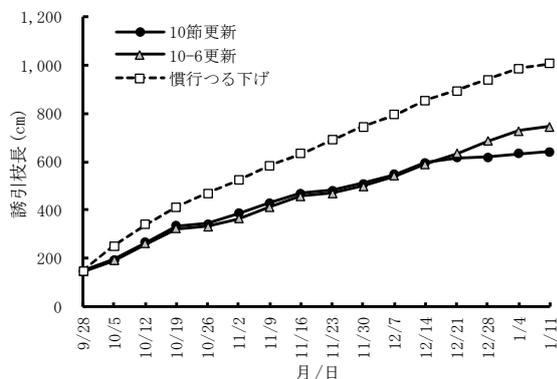


図13 整枝方法の違いが誘引枝長に及ぼす影響 (9月定植)

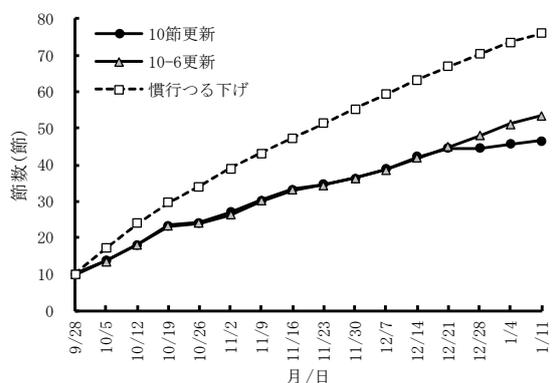


図14 整枝方法の違いが節数に及ぼす影響 (9月定植)

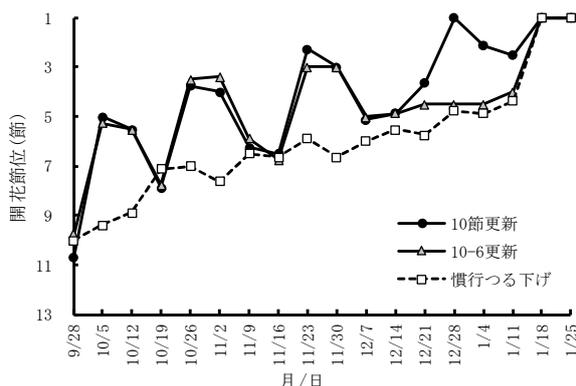


図15 整枝方法の違いが開花節位に及ぼす影響 (9月定植)

注1) 展開第1葉を1節として、最上位開花節までの節数。
2) 調査枝の内、開花3日以内の節を対象に調査した。

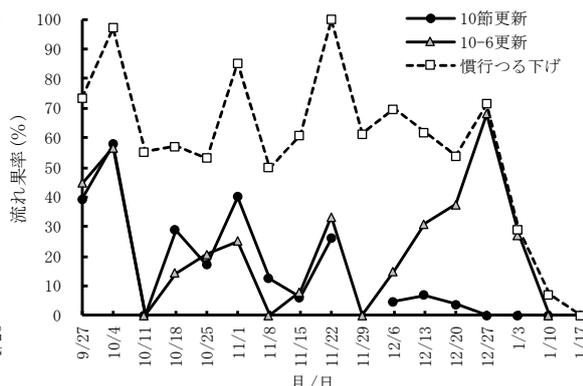


図16 整枝方法の違いが流れ果率に及ぼす影響 (9月定植)

注) 表示日から7日間に開花した各節の1番花の雌花のうち、収穫に至らなかったものの割合。

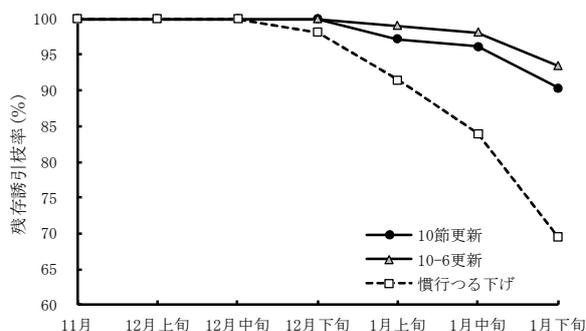


図17 整枝方法の違いが残存誘引枝率に及ぼす影響 (9月定植)

注) 各区とも試験区全誘引枝(108枝)のうち、萎凋症状により枯死しなかった枝の割合。

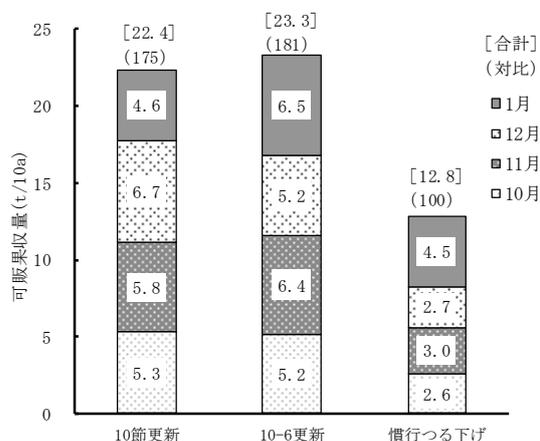


図18 整枝方法の違いが可販果収量に及ぼす影響 (9月定植)

注) 調査枝の収量に旬別の残存誘引枝率を乗じて計算した、JA高知県出荷規格のA品及びB品の合計収量。

3) 1月定植-6月栽培終了の場合

1月定植において、整枝方法を違えた場合、10節更新区および10-6更新区は慣行つる下げ区に比べ以下の生育、収量特性を示した。

摘心回数は10節更新区で3回、10-6更新区で2回であった(表3)。誘引枝長および節数は1回目の摘心後、両区とも著しく少なく推移し、最終では慣行つる下げ区に比べ、10節更新区では誘引枝長で377cm、節数で34節、10-6更新区では誘引枝長で316cm、節数で25節少なかった(図19, 20)。開花節位は両区ともに摘心により高くなった(図21)。流れ果率は両区とも1回目の摘心後から著しく低くなり、特に10節更新区ではほとんどの時期で10%以下であった(図22)。

各区とも萎凋症状より枯死する枝はなく、残存誘引枝

率は100%であった(データ省略)。

各月の可販果収量は10節更新区の5月を除いてやや多く~著しく多く、特に4月まで著しく多かった。総収量は10節更新区で11%、10-6更新区で17%多かった。さらに10-6更新区は10節更新区に比べて、2~3月および6月の可販果収量がやや多く~多く、総収量もやや多かった(図23)。

表3 1月定植における摘心日と摘心間隔

	10節更新区		10-6更新区	
	摘心日	摘心間隔	摘心日	摘心間隔
1回目	3/4	-	3/15	-
2回目	4/7	34	5/3	49
3回目	5/6	29	-	-

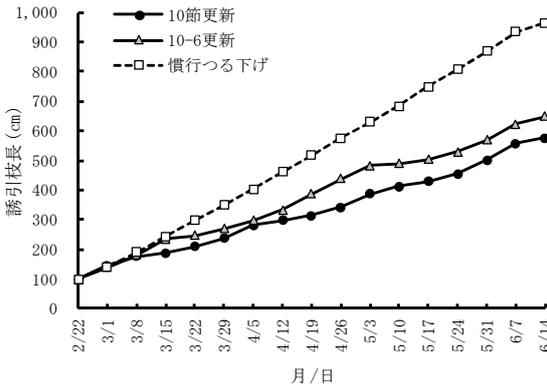


図19 整枝方法の違いが誘引枝長に及ぼす影響 (1月定植)

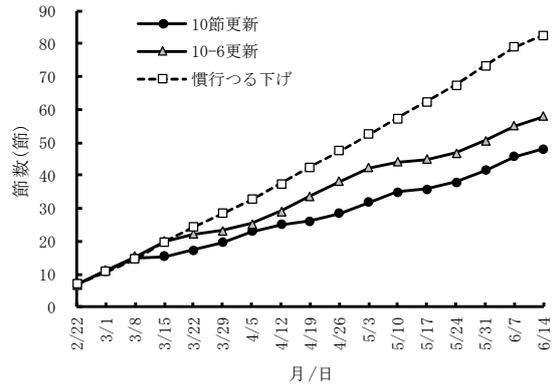


図20 整枝方法の違いが節数に及ぼす影響 (1月定植)

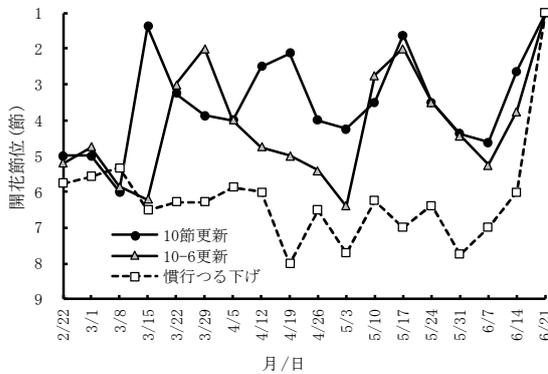


図21 整枝方法の違いが開花節位に及ぼす影響 (1月定植)

注1) 展開第1葉を1節として、最上位開花節までの節数
2) 調査枝の内、開花3日以内の節を対象に調査した。

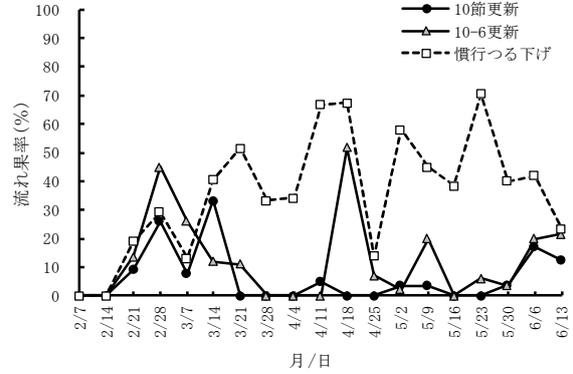


図22 整枝方法の違いが流れ果率に及ぼす影響 (1月定植)

注) 表示日から7日間に開花した各節の1番花の雌花のうち、収穫に至らなかったものの割合。

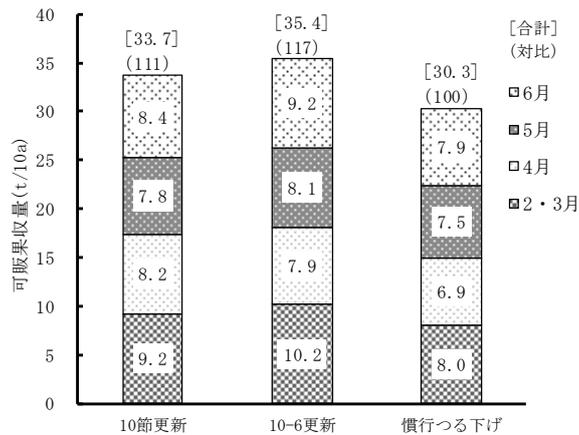


図23 整枝方法の違いが可販果収量に及ぼす影響 (1月定植)

注) 調査枝の収量に旬別の残存誘引枝率を乗じて計算した、JA高知県出荷規格のA品及びB品の合計収量。

4) 2月定植-7月栽培終了の場合

2月定植において、整枝方法を違えた場合、10節更新区および10-6更新区は慣行つる下げ区に比べ以下の生育、収量特性を示した。

2回目以降の摘心日は違うものの、摘心回数は10節更新区、10-6更新区ともに4回であった(表4)。誘引枝長および節数は1回目の摘心後、両区とも著しく少なく推移し、最終では慣行つる下げ区に比べ、10節更新区では誘引枝長で371cm、節数で40節、10-6更新区では誘引枝長で350cm、節数で37節少なかった(図24, 25)。開花節位は両区とも1回目の摘心後からほとんどの時期で著しく高く推移した(図26)。流れ果率は両区とも1回目の摘心後から著しく低く推移し、10節更新区の6月上旬までは特に低かった(図27)。

萎凋症状より枯死する枝は慣行つる下げ区において7月下旬に2%発生したが、それ以外はなかった(データ省略)。

各月の可販果収量は10節更新区の7月を除いてやや多く~著しく多く、特に10-6更新区の4月と両区の5月、6月で著しく多かった。総収量は10節更新区で22%、10-6更新区で28%多かった。さらに10-6更新区は10節更新区に比べて、4月および7月の可販果収量が多く、総収量もやや多かった(図28)。

表4 2月定植における摘心日と摘心間隔

	10節更新区		10-6更新区	
	摘心日	摘心間隔	摘心日	摘心間隔
1回目	3/30	-	3/30	-
2回目	4/25	26	5/3	34
3回目	5/22	27	5/31	28
4回目	6/15	24	6/22	22

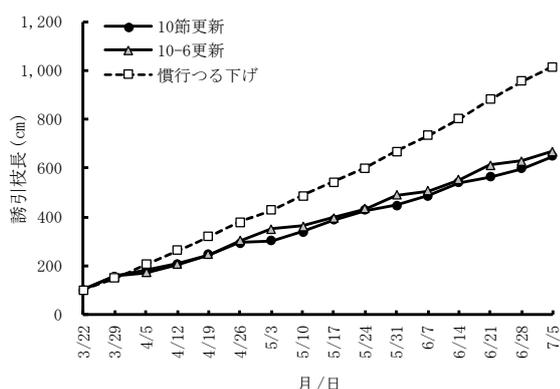


図24 整枝方法の違いが誘引枝長に及ぼす影響 (2月定植)

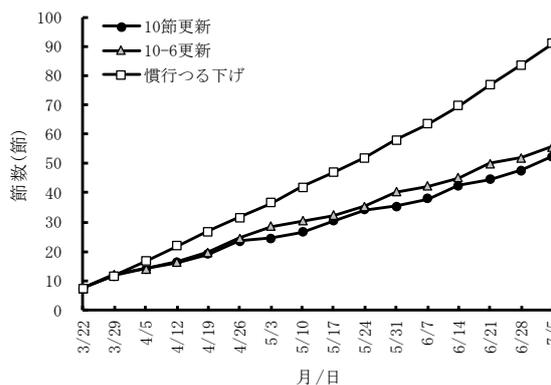


図25 整枝方法の違いが節数に及ぼす影響 (2月定植)

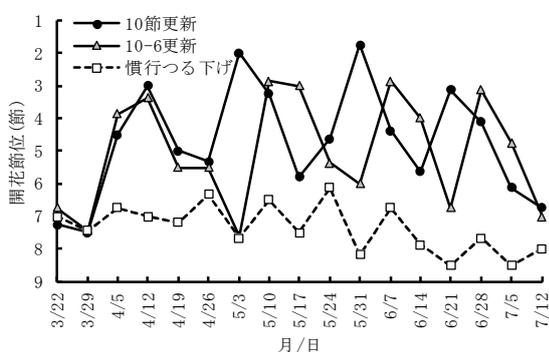


図26 整枝方法の違いが開花節位に及ぼす影響 (2月定植)

注1) 展開第1葉を1節として、最上位開花節までの節数
注2) 調査枝の内、開花3日以内の節を対象に調査した。

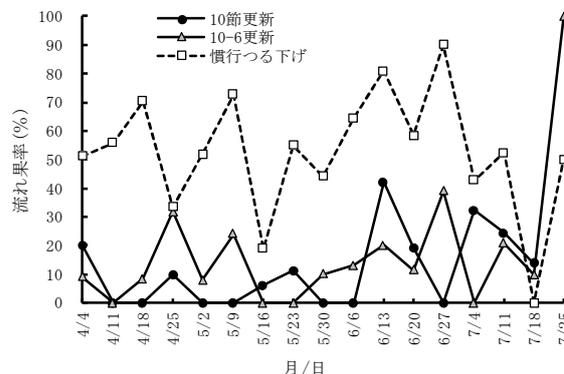


図27 整枝方法の違いが流れ果率に及ぼす影響 (2月定植)

注) 表示日から7日間に開花した各節の1番花の雌花のうち、収穫に至らなかったものの割合。

試験3. 作業性回数および作業時間の評価

10 節更新区および10-6 更新区は慣行つる下げ区に比べて、以下の作業特性を示した。

作業回数は抑制栽培である8月, 9月定植において、つる下ろし, 摘葉の両作業とも著しく少なかった. 半促成栽培の1月, 2月定植では、両区ともつる下ろし作業は2~3回少なく、摘葉作業回数も少なかった(表5)。

作業時間について、10 節更新区は慣行つる下げ区に比べて、1 枝当たりのつる下ろし時間が多く、1 枚当たりの摘葉時間はやや少なく、1 果実当たりの収穫時間は著しく少なかった(表6)。

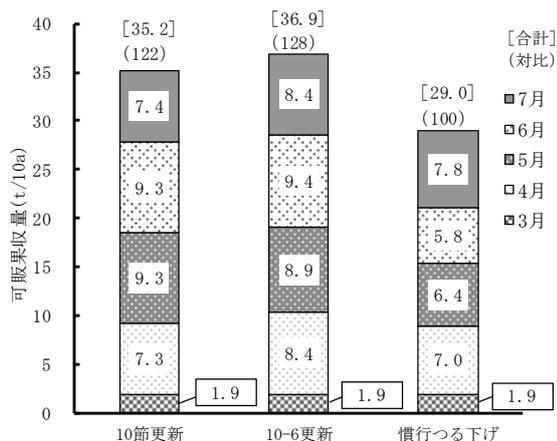


図28 整枝方法の違いが可販果収量に及ぼす影響 (2月定植)

注) 調査枝の収量に旬別の残存誘引枝率を乗じて計算した、JA 高知県出荷規格のA品及びB品の合計収量。

これらのデータおよび試験2の生育, 収穫データから10aあたりの作業時間を計算すると、つる下ろし, 摘葉, 摘心, 収穫の総作業時間は両区とも慣行つる下げ区に比べ少なく~著しく少なかった(表7)。

さらに、試験2で収量面から有望な整枝方法であると考えられた8月定植の10 節更新栽培と1月定植の10-6 更新栽培, 9月定植の10 節更新栽培と2月定植の10-6 更新栽培を年2作体系として組みあわせて、生産現場で一般的な10月定植, 6月栽培終了の長期1作慣行つる下げ栽培である試験1の10月定植と総作業時間を比較した場合、総作業時間は8月・1月定植でほぼ同等, 9月・2月定植でやや少なかった(表8)。

表5 整枝方法の違いが作業回数に及ぼす影響

		つる下ろし	摘葉
8月定植	10節更新	12	12
	10-6更新	12	12
	慣行つる下げ	18	19
9月定植	10節更新	10	11
	10-6更新	10	11
	慣行つる下げ	16	17
1月定植	10節更新	12	12
	10-6更新	13	13
	慣行つる下げ	15	14
2月定植	10節更新	13	13
	10-6更新	12	12
	慣行つる下げ	15	18

表6 整枝方法の違いが作業時間に及ぼす影響

	つる下ろし		摘葉		収穫		摘心	
	時間(秒/枝)	対比(%)	時間(秒/枚)	対比(%)	時間(秒/果)	対比(%)	時間(秒/枝)	対比(%)
10節更新	11.15	110	1.86	95	5.78	66	2.00	-
慣行つる下げ	10.15	100	1.96	100	8.02	100	-	-

表7 整枝方法の違いによる10aあたりの作業時間(時間)

		つる下ろし	摘葉	摘心	収穫	合計
8月定植	10節更新	248	167	19	374	807
	10-6更新	248	162	19	367	796
	慣行つる下げ	339	288	4	300	930
9月定植	10節更新	207	126	19	369	720
	10-6更新	207	149	15	387	758
	慣行つる下げ	301	240	4	324	869
1月定植	10節更新	248	131	15	514	908
	10-6更新	269	165	11	544	989
	慣行つる下げ	282	263	4	660	1,209
2月定植	10節更新	269	168	19	533	988
	10-6更新	248	180	19	559	1,005
	慣行つる下げ	282	322	4	615	1,223

注1) 摘葉時間は試験2における節数-10枚を摘葉するとして、表6の1枚あたりの摘葉作業時間を乗じて計算した。

2) 収穫時間以外の計算については残存誘引枝率は考慮しなかった。

表8 作型の違いによる作業時間(時間/10a)

	つる下ろし	摘葉	摘心	収穫	合計
8月・1月定植組み合わせ	516	332	30	918	1,796
9月・2月定植組み合わせ	454	306	37	928	1,725
10月定植長期1作慣行つる下げ	583	345	4	893	1,825

注1) 8月・1月定植組み合わせは表7の8月定植の10節更新栽培と1月定植の10-6更新栽培の合計作業時間。

2) 9月・2月定植組み合わせは表7の9月定植の10節更新栽培と2月定植の10-6更新栽培の合計作業時間。

3) 10月定植長期1作慣行つる下げ栽培のデータは試験1の10月定植のデータを使用して計算。ただし、つる下ろし作業回数を記録していなかったため、11月中旬～6月中旬まで週1回、計31回つる下ろしをすることで計算した。各作業の時間については表6の慣行つる下げ区のデータを用いて計算した。

考 察

試験1では作期前進技術の検討として、定植時期の違いが生育、収量に及ぼす影響を調査した。一般的な10月定植より定植時期を早めた8月および9月定植では、年内収量は著しく多くなるものの、1月頃から生理的な萎凋症状により枯死する枝が増え始め、10月定植に比べて残存誘引枝率が著しく低くなり長期栽培が困難であることが考えられた。萎凋症状については急性萎凋症⁹⁾が考えられるが、要因は判然としなかった。また、キュウリの養液栽培では根から生育抑制物質が出て、これが培養液中に蓄積すること^{1,2)}や、長期の草勢維持が難しく、生産性を高く維持できないこと¹³⁾など、長期栽培が難しいという報告もあり、試験1の結果からも長期栽培が困難であると考えられたことから、試験2では抑制栽培と半促成栽培に分けた栽培としたところ、萎凋症状による枝の枯死を試験1に比べ少なくすることができた。さらに、試験2では適切な誘引枝の整枝方法を検討した。キュウリのつる下ろし栽培の1枝あたりの収量は、雌花開花数(=節数×雌花開花節率)、収穫果率、果重によって決まるが、本試験において慣行つる下げ区に比べて10節更新区と10-6更新区では1果重には差がなく(データ省略)、節数が著しく少ないことで雌花開花数も著しく少なくなる(データ省略)ものの、流れ果率が低いことで収穫果率が高く増収につながり、有望な整枝技術であると考えられた。鶴生川ら¹⁴⁾は抑制栽培において誘引枝を伸ばし続けるストレートつる下ろしでは更新型つる下ろしに比べて、節数は多いものの、開花しても収穫に至らない果実が多かったことを報告しており、本試験の結果と一致する。東出ら³⁾はキュウリの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報告において、果実生体収量が多かった摘心栽培はつる下ろし栽培に比べて、果実への乾物分配率と総乾物生産量が大きく、総乾物生産量の違いは光利用効率の違いによるとみられるとしている。その要因として、摘心栽培は生産した乾物を新葉の展開に分配する必要がないため、果実への乾物分配率が高いこと、つる下ろし栽培は

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としている。このことは本試験における更新摘心と慣行つる下げ栽培の比較においても当てはまると考えられ、10節更新および10-6更新区は摘心を行うことで、果実への乾物分配が高まることで慣行つる下げ区に比べて流れ果が少なくなったこと、摘心後、その直下の側枝が伸長するまでの期間は新たな葉の展開がなく、群落上部に光合成能の高い葉が位置する状態になるため、光利用効率が高まったことが推察される。

また、上で述べたように、摘心を行うと節数が減少し雌花開花数は少なくなるため、流れ果を少なくしかつ節数を確保する適切な更新手法の開発も重要となる。そこで、つる下ろし栽培キュウリにおいて生育状態を判断する指標の1つとなっている開花位置^{5,8)}を更新の判断に用いることを試みた。開花節位が低すぎる(成長点から開花位置までの節が多い)場合は、栄養成長に傾いていること⁸⁾や開花、肥大位置が受光量の少ない群落下部になる。宍戸ら¹¹⁾はメロンにおいて果実への光合成産物の蓄積に対する各葉位葉の役割を見ると、交配後43日では、着果側枝上の葉の転流率および果実への分配率が最も高く、次いでその着果側枝着生節の葉で高くなっており、果実近辺の葉の果実肥大への寄与が高いものと推定されたと述べている。さらに金浜ら⁸⁾はキュウリの葉のsource力は果実と同節位の葉が上下の葉より若干勝っていると述べている。これらのことから果実肥大にはその近くの葉を受光量が多い位置に配置することで光合成量を高めることが重要で、開花節位を低くしすぎないことが重要と考えられたため、10-6更新区は節数を確保するために、開花節位が低くなり、栄養成長に傾き、果実近くの葉の受光量が少ない位置となり、流れ果が発生しやすいと考えられる条件でのみ更新を行う区とした。この結果、8月、9月定植の抑制栽培では10節更新と10-6更新区の間に収量差はほとんど見られなかったものの、1月、2月定植では10-6更新区が10節更新区に比べて、節数が多く可収果収量もやや多くなり、半促成栽培では開花節位も更新の判断

に用いることが適切と考えられた。抑制栽培で両区に差がなかったのは、節の展開が早い高温期での栽培期間が長いことで開花節位が低いまま推移し、11月まで更新回数に差がつけられなかったこと、生育後半は日射量の弱い時期での栽培となるため、更新を行うことによる流れ果抑制効果が高かったことが挙げられる。これらのことから、抑制栽培では10節更新、半促成栽培では10-6更新栽培の年2作体系で栽培を行うことが適切と考えられた。

試験3では作業性について評価した。10節更新区、10-6更新区は慣行つる下げ区に比べて、誘引枝長が短くなることでつる下ろし回数を減らすことができ、節数が少なくなることで摘葉枚数を削減できた。また、作業時間については10節更新区では慣行つる下げ区より1枝あたりのつる下ろし作業時間はかかるが、1枚あたりの摘葉時間はやや少なく、収穫時間は著しく少なくなるという結果であった。つる下ろしについては、10節更新区では摘心を行うことで上位部の葉が大きくなることでつる下ろし時に隣の枝や誘引線へ葉が引っかかりやすくなるなどして、やや作業時間が多くなったと考えられるが、摘葉や収穫では摘心により作業位置が高くなることで慣行つる下げ区よりも腰を曲げずに作業できることなどが、作業時間の短縮につながったと考えられる。摘心の時間を加味しても、総作業時間は慣行つる下げ区よりも著しく少なくなり、10節更新、10-6更新栽培は作業性の面からも有望

な技術であると考えられた。

以上より、本試験の結果から作期前進化多収生産技術として、抑制栽培の8月定植と半促成栽培の1月定植または抑制栽培の9月定植と半促成栽培の2月定植を組み合わせた年2作体系とし、抑制栽培では10節更新、半促成栽培では10-6更新栽培を組み合わせることを提案する。なお、本試験では抑制と半促成の間の片付けおよび準備期間を2週間程度としたが、作業としては前作の植物体の片付けと培地の入れ替えだけでよく、キュウリの養液栽培で栽培終了から次作の栽培開始までを2週間程度で栽培を行った事例も見られる^{10,12)}ことから、本試験のような作型の組み合わせは現場でも可能であると考えられる。さらに、通常の10月定植-6月栽培終了の長期1作の作型に比べて、苗や培地、肥料代、炭酸ガス施用に要する灯油代等の経費が増加することが予想されるが、売上とこれらの経費を試算したところ表9の様に計算され、本試験のような年2作体系としても10月定植の長期1作に比べて所得は増加すると考えられる。一方で本技術の現場への導入に当たっては、更新の基準となる節数はハウスの誘引位置の高さや栽植方法の違いにより調整が必要と考えられることや、高単価となる1~2月⁹⁾の出荷量が少なくなるため複数の作期を組み合わせた栽培を行うこと、8月~9月の高温期の黄化えそ病のリスクなどについて、十分に検討する必要がある。

表9 作期前進化栽培において増加する経費および売上の比較(円/10a)

	8・1月定植 組み合わせ	9・2月定植 組み合わせ	10月定植 長期1作
苗	583,450	583,450	291,725
培地	720,144	720,144	360,072
経費 肥料	449,203	449,203	399,292
灯油	1,400,000	1,200,000	1,133,333
合計	3,152,797	2,952,797	2,184,422
売上	13,500,378	12,906,160	9,989,480
売上-経費	10,347,581	9,953,363	7,805,058

注1) 8月および9月定植は10節更新栽培、1月および2月定植は10-6更新栽培の組み合わせ。10月定植長期1作は試験1の10月定植区を基に計算。

2) 苗代、培地代、肥料代は試験に使用した金額を基に計算した。

3) 灯油代は試験ハウスにおいて実際に給油した量を基に、10aあたりの使用量を計算し、灯油単価を100円/Lとして算出した。

4) 売上は直近7年間の月別平均単価⁹⁾を、収量に乗じて求めた販売金額のうち手取金額を7割として計算した。

謝 辞

本研究の実施に当たり、先端生産システム担当、研究支援担当の諸氏に栽培管理や調査等にご尽力いただいた。ここに深く感謝の意を表す。

利益相反の有無

すべての著者は開示すべき利益相反はない。

引用文献

- 1) 浅尾俊樹・Md. H. R. Pramanik・富田浩平・大場友美子・太田勝巳・細木高志・松井佳久(1999). 水耕栽培キュウリの培養液から分離したフェノール物質が果実収量に及ぼす影響. 園学雑. 68 (4): 847-853.
- 2) 浅尾俊樹・梅山元正・太田勝巳・細木高志・伊藤憲弘・植田尚文(1998). 水耕キュウリの培養液非交換による収量の減少と活性炭添加による回復. 園学雑. 67 (1): 99-105.
- 3) 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.
- 4) 平沢正・荒木俊光(1993). 農業技術体系. 土壌肥料編. 4巻. 東京. 農村漁村文化協会. 追録第4号. 実際376の2-376の7.
- 5) 稲山光男(1998). キュウリ. 基礎編. 農村漁村文化協会編. 農業技術体系. 野菜編第1巻. 東京. 農村漁村文化協会. 追録23: 基416-417.
- 6) 金浜耕基・斎藤隆(1989). キュウリ果実の曲がりの方向と果実内の¹⁴C-光合成産物転流経路に及ぼす葉の着生位置の影響. 園学会誌 58 (1): 167-171.
- 7) 北村明久・山崎龍一・飯田佳代(2003). 高知方式湛液型ロックウールシステムにおけるキュウリの培養液処方. 高知農技セ研報. 12: 37-47.
- 8) 高知県(2021). 促成キュウリ(つる下ろし栽培)栽培モデル(令和2年度版). P. 31.
- 9) 高知県農業振興部(2023). 高知県の園芸. P. 54.
- 10) 松谷一輝・知識秀裕・吉田征司(2022). ゆめファーム全農SAGAキュウリ実証ハウスの取り組み. ハイドロポニックス 35(2): 14-15.
- 11) 穴戸良洋・湯橋勤・施山紀男・今田成雄(1992). メロン果実への光合成産物の転流・分配に及ぼす葉位および灌水量の影響. 園学雑 60(4): 897-903.
- 12) 須藤裕子(2022). ハイワイヤー誘引とロックウールでのキュウリ栽培の取り組み. ハイドロポニックス 35(2): 8-9.
- 13) 種村竜太(2015). キュウリにおける窒素の吸収・移行特性に基づく環境に配慮した循環型養液栽培技術の確立. 土肥誌. 86(5): 375-376.
- 14) 鶴生川雅己・唐澤智(2021). 誘引枝の更新方法が抑制キュウリの生育と収量および作業量に及ぼす影響. 園学研 20 別(1): 73.

Summary

In hydroponic cultivation using cucumber 'Josh661', we investigated the methods that would allow for high-yield production by moving the planting period earlier than the usual period of late September to early October, and obtained the following results.

1. In long-term forced cultivation, planting in August and September yields significantly higher within the year yields than planting in October, but after January, many branches die due to wilt, making cultivation after April difficult. Therefore, the total yield was significantly lower, with a 60% for August planting and a 52% for September planting compared to October planting, which was cultivated until the end of June.
2. By adopting a two-crop system per year of retarding cultivation of planting August and September and semi-forced cultivation of planting January and February, it was possible to reduce the loss of yield due to wilt symptoms in the latter of the cultivation. In addition, we investigated methods of control the training branches, that training branches are renewed at every 10 nodes (10-node renewal cultivation), or when the training branches are renewed at develop at least 10 nodes and the flowering node is at 6 nodes or more (10-6 renewal cultivation). By using one of these methods, yields increased significantly compared to conventional lowering cultivation without renewal pinching.
3. Compared to conventional lowering cultivation, 10-node renewal cultivation and 10-6 renewal cultivation can reduce the number of times of lowering and defoliation, and although it takes more time to lowering per branch, the time defoliation per leaf was slightly shorter, and the time required to harvest each fruit was significantly shorter. The total working hours required for lowering, defoliation, pinching, and harvesting was significantly

shorter.

4. From the viewpoint of yield and workability, 10-node renewal cultivation is considered suitable for retarding cultivation, and 10-6 renewal cultivation is suitable for semi-forced cultivation. When Combining 10-node renewal cultivation with August planting, and 10-6 renewal cultivation with January planting, or 10-node renewal cultivation with September planting, and 10-6 renewal cultivation with February in a two-crop system per year, the total work time was calculated to be roughly equivalent or slightly shorter compared to the long-term single-crop conventional lowering cultivation with October planting.

Key words: cucumber, hydroponic cultivation, advancement cropping season, high-yield production, two-crop system per year, renewal pinching