

実エンドウ ‘光丸うすい’ の秋播きハウス冬春どり栽培における 初期収量向上に関する研究

宮前治加・田中寿弥¹・東卓弥²・片山泰弘³

和歌山県農業試験場暖地園芸センター

Study on Improvement of Initial Yield of Pea Cultivar 'Mitsumaru Usui' in Fall Seeding Culture in Greenhouse

Haruka Miyamae, Toshihiro Tanaka¹, Takaya Azuma² and Yasuhiro Katayama³

Horticultural Experiment Center, Wakayama Agricultural Experiment Station

緒 言

和歌山県では実エンドウの栽培が盛んで、夏播き年内どり、秋播きハウス冬春どり、秋播き春どり、早春播き初夏どりの作型を組み合わせ、10月～6月までの長期間にわたり関西市場を中心に出荷が行われている。なかでも秋播きハウス冬春どり栽培は、主として日高地域において作付けが行われており、秋播き春どり栽培での出荷が出回る前の2月～3月に収穫盛期となる収益性の高い作型である。産地ではこれら全ての作型において、収量、莢形質、食味が優れる‘きしゅううすい’が主要品種として作付けされている。しかし、秋播きハウス冬春どり栽培でこの品種を栽培すると、その草丈の高さから、誘引、収穫等の作業は、踏み台に乗り降りしながら行う必要があり、栽培管理の省力化が長年の課題となっている。

産地の‘きしゅううすい’栽培圃場において発見された矮性個体より育成した‘光丸うすい’（大野，2022）は、莢や子実の外観形質が‘きしゅううすい’と同等で、節間長が‘きしゅううすい’の約75%と短い特性があり、ハウス栽培において、草丈を低く抑えて栽培できるため、収穫等の作業の省力化につながる有望な品種である（田中ら，2020）。一方で‘きしゅううすい’よりも晩生であり2月末までの初期収量が少ない、莢がやや小さい、厳寒期の秀品率が低いなどの特性を有するため、‘きしゅううすい’と同じ方法で栽培すると、収量面での課題がある（田中ら，2020）。このため、産地導入を推進するうえで、本品種に適した栽培技術の確立が求められる。

本試験では上記の課題のうち、開花・収穫開始期の前進による初期収量の確保を目指した。そこで、有効と考えられる播種期の前進、エンドウの開花促進技術として定着している種子冷蔵および電照処理の期間、ならびに種子採種時の温度条件が開花・収穫開始期および収量に及ぼす影響を調査し、‘光丸うすい’に適した開花・収穫開始期の前進技術を検討した。

材料および方法

¹現在：和歌山県農業試験場

²現在：和歌山県果樹試験場

³元和歌山県農業試験場暖地園芸センター

1. 播種期が収穫開始期および収量に及ぼす影響（実験 1）

‘光丸うすい’および‘きしゅううすい’を供試した。供試種子は、2020年6月9日に秋播き春どり栽培において、株の中段（第6～10節）の莢から採種したものをを用いた。‘光丸うすい’は、2020年9月10日、9月15日、9月20日、9月25日、9月30日、10月5日に、‘きしゅううすい’は、同年9月15日、9月25日、10月5日に播種した。

播種は、外張りビニールを外した露地条件下の鉄骨ハウスで行い、畝幅160cmで白黒マルチを敷設した畝に20cm間隔で1穴あたり4粒播きとした。発芽後、生育の揃った3本を残し、畝1m当たりの植栽本数を主枝15本となるように間引いた。側枝は全て除去した。

本作型で‘きしゅううすい’を栽培する場合、開花促進処理を行う必要がある。産地の早期に播種する作型では種子冷蔵処理が、それ以外は電照処理が一般的に行われている。このため、本実験では産地の処理方法に従い、9月10日および15日播種区には種子冷蔵処理を、その他の播種区には電照処理を行った。種子冷蔵処理は、次の方法で実施した。種子を30分間流水下で吸水処理を行った後、トレイに入れて湿潤状態のバーク堆肥に埋没させ、20℃暗黒下で30時間催芽処理を施した。催芽後、トレイを2℃暗黒下に移し、20日間冷蔵処理を行った。電照処理は、播種日から本葉8葉期までの期間、白熱電球で終夜照射を実施した。各播種日における電照処理の終了日は、9月20日播種区で10月13日、9月25日播種区で10月20日、9月30日播種区で10月27日、10月5日播種区で11月4日であった。ただし、10月6日～9日の3日間は台風のため電照を中断した。

施肥は有機配合肥料で基肥として、N、P₂O₅、K₂Oをそれぞれ12、16、12kg/10a施用し、追肥として開花期、収穫開始期、収穫盛期にN成分で各6kg/10a施用した。11月5日に外張りビニールを展張し、12月1日～3月31日まで加温設定温度5℃で管理した。

調査は各区30株の2反復とし、第1花節位、収穫開始日、月別収量を調査した。

2. 開花促進処理方法の検討

1) 種子冷蔵処理期間が開花および時期別収量に及ぼす影響（実験 2）

‘光丸うすい’および‘きしゅううすい’を供試した。種子は実験1と同一のものをを用い、種子冷蔵処理は、実験1と同様の手順で実施した。冷蔵処理期間を‘光丸うすい’は20、25、30、40日間、‘きしゅううすい’は20日間とした。

冷蔵処理後の種子は、2020年9月15日に硬質フィルム展張ハウスに実験1と同様の方法で播種した。栽植本数と加温方法は実験1に準じて行った。施肥は、基肥として有機配合肥料をN、P₂O₅、K₂Oでそれぞれ10、13、10kg/10a施用した。追肥は収穫開始期にN成分で5kg/10aを施用し、それ以外は液肥（OK-F-1、N-P₂O₅-K₂O：15-8-17）の500倍液を11月11日～3月19日の期間、数回に分けてN成分で10.2 kg/10a施用した。また、12月1日～3月24日の期間において、日中400～600 ppmのCO₂を施用した。

調査は各区24株の2反復とし、実験1と同様に調査した。

2) 電照処理期間が開花に及ぼす影響（実験 3）

‘光丸うすい’を供試した。25Lポットに園芸用土（花と野菜の土、タキイ種苗株式会社）を20L充填し、2020年10月5日に実験1で用いた種子を8粒播種し、出芽後4本に間引いた。試験区は電照処理期間の違いによる影響を検討するため、以下の5処理区を設けた。対照となる慣行区は、

本葉 3～8 葉期まで 2 週間照射し、これに対し、開始時期を 1 週間早めた前期 3 週間区、終了時期を 1 週間遅らせた後期 3 週間区、開始・終了時期の両方を変更した 4 週間区、および電照処理を行わない無処理区を設定した。電照処理は白熱電球を用い、終夜照射を行った。各処理区の照射期間は、2 週間区は 10 月 16 日～10 月 30 日、前期 3 週間区は 10 月 9 日～10 月 30 日、後期 3 週間区は 10 月 16 日～11 月 6 日、4 週間区は 10 月 9 日～11 月 6 日であった。

栽培はガラス温室で行い、主枝 1 本の行灯仕立てとした。追肥は 11 月 24 日にエコロング 413 (N-P₂O₅-K₂O : 14-11-13, 100 日タイプ) をポット当たり N 成分で 4.2g 施用し、加温は 12 月 1 日から実験終了まで設定温度 5℃とした。

調査は 1 区 4 株の 4 反復（ただし、慣行区は 8 反復）とし、電照処理中の本葉数、第 1 花節位、開花開始日および生育（節数、莖径、小葉長、2 莢率）を調査した。

3. 採種条件の違いが開花および収量に及ぼす影響（実験 4）

‘光丸うすい’および‘きしゅうすい’を供試した。登熟期の温度条件が異なる種子を得るため、当センター内の秋播きハウス冬春どり栽培において、2018 年 12 月 30 日、2019 年 2 月 1 日、3 月 1 日、4 月 1 日に開花した成熟莢から種子を採種した。さらに、同年秋播き春どり栽培（露地栽培）において、2019 年 6 月 3 日に下段および上段の成熟莢から種子を採種した。これら登熟時期の異なる 6 種類の種子を、それぞれ 1 月区、2 月区、3 月区、4 月区、露地下段区、露地上段区（‘きしゅうすい’は 1 月区および 4 月区のみ）とし、2019 年 9 月 25 日に当センター内硬質フィルム展帳ハウスに播種し、3～8 葉期に白熱電球で終夜照射した。栽培は、畝幅を 150cm、栽植本数を 12 本/m とし、仕立て方法、加温方法は実験 1 と同様とした。施肥は、基肥として有機配合肥料を N、P₂O₅、K₂O でそれぞれ 9.4、12.5、9.4kg/10a 施用し、追肥は開花開始期および収穫開始期に N 成分で各 5.5kg/10a を施用した。

調査は各区 12 株の 2 反復（‘きしゅうすい’は反復なし）とし、開花日、第 1 花節位、収穫開始日、時期別収量、莢品質を調査した。

4. 登熟条件が異なる種子における電照処理期間が生育と収量に及ぼす影響（実験 5）

‘光丸うすい’の登熟条件が異なる種子を供試した。低温期に登熟した種子（以下、低温種子）は、2020 年 12 月にセンター内の秋播きハウス冬春どり栽培において開花した莢から採種し、高温期に登熟した種子（以下、高温種子）は、同一ハウスにおいて 2021 年 4 月 1 日以降に開花した莢から採種した。これら 2 種類の種子について、電照処理期間を 0～10 葉期に照射する長期区と 3～8 葉期に照射する慣行区の 2 処理区を設け、合計 4 処理区を設定した。各処理区の種子を 2021 年 10 月 5 日にガラス温室内に播種し、栽培管理は実験 4 に準じて実施した。電照処理は、長期区が 10 月 10 日～11 月 2 日までの 23 日間、慣行区は、10 月 15 日～10 月 29 日までの 14 日間、白熱電球で終夜照射した。施肥は、基肥として有機配合肥料で N、P₂O₅、K₂O を各 6kg/10a 施用し、追肥は開花開始期、収穫開始期、収穫盛期に N 成分で各 6kg/10a 施用した。

調査は各区 14～17 株の 2 反復（ただし、収量調査および生育調査は各区 10 株の 2 反復）とし、開花開始日、第 1 花節位、収穫開始日、時期別収量、莢品質および収穫終了時に生育を調査した。

結 果

1. 播種時期が収穫開始時期および収量に及ぼす影響（実験1）

‘光丸うすい’における第1花節位は、9月10日播種区で24.8節と最も高く、播種日が遅くなるにつれ低くなり、10月5日播種区では18.3節と最も低かった（表1）。また、同一播種日では、‘光丸うすい’と‘きしゅううすい’には明らかな差は見られなかった。‘光丸うすい’における収穫開始日は、9月10日播種区で12月9日と最も早く、播種日が遅い区ほど遅延し、10月5日播種区では2月8日と最も遅かった（表1）。また、同一播種日において、両品種を比較すると、播種日が9月25日以降の区で差が顕著となり、‘光丸うすい’は‘きしゅううすい’よりも9月15日播種区で3日、9月25日播種区で15日、10月5日播種区で13日遅い収穫開始となった。一方で‘光丸うすい’を5日早く播種した時の収穫開始日を比較すると、‘きしゅううすい’の9月15日播種区に対し、‘光丸うすい’の9月10日播種区では1日の遅れ、同様に9月25日播種区に対し9月20日播種区では0日、10月5日播種区に対し9月30日播種区では3日の遅れと、収穫開始日の差は小さかった。

‘光丸うすい’における12～1月の収量は、9月10日区で993kg/10aと最も多く、播種日が早い区ほど多収となった（表1）。同一播種日において両品種を比較すると、‘光丸うすい’は‘きしゅううすい’よりも、12～1月の収量が9月15日播種区で315kg/10a、9月25日播種区で252kg/10a少なかった。10月5日播種区では2月までの収量が390kg/10a少なかった。また、‘光丸うすい’の播種日を‘きしゅううすい’よりも5日早めた場合の初期収量を比較すると、‘きしゅううすい’の9月15日播種区に対し‘光丸うすい’の9月10日播種区では1月までの収量は176kg減、同様に9月25日播種区に対し9月20日播種区では128kg減、10月5日播種区に対し9月30日播種区では2月までの収量は150kg減と、同一日に播種したときと比較して、その差は小さかった。

収穫時期別の収量を見ると、‘きしゅううすい’の収穫盛期は、9月15日播種区で1～2月、9月25日播種区で2月、10月5日播種区では2～3月であったのに対し、5日早く播種した場合の‘光丸うすい’では、9月10日播種区で1～3月、9月20日播種区で2～3月、9月30日播種区で3月と、‘きしゅううすい’よりも遅れる傾向が見られた（表1）。

表1 実エンドウにおける播種時期が第1花節位、収穫開始日および時期別収量に及ぼす影響

品種	播種日	第1花節位 (節)	収穫 開始日	時期別収量 (kg/10a)					計
				12月	1月	2月	3月	4月	
光丸 うすい	9月10日	24.8	12月9日	332	661	626	841	567	3,027
	9月15日	24.1	12月11日	166	688	803	745	552	2,955
	9月20日	20.9	12月28日	7	261	672	816	395	2,151
	9月25日	20.6	1月12日	0	144	795	910	388	2,238
	9月30日	19.9	1月29日	0	3	547	1376	453	2,379
	10月5日	18.3	2月8日	0	0	310	1506	356	2,171
きしゅう うすい	9月15日	24.3	12月8日	308	861	690	357	504	2,720
	9月25日	20.3	12月28日	2	394	923	443	328	2,089
	10月5日	18.0	1月26日	0	21	679	990	252	1,942

注) 作型：2020年作秋播きハウス冬春どり、栽植密度：15本/m、調査株数：各区30株、2反復
 開花促進処理：9月10日、9月15日播種；催芽種子を2℃で20日間の種子冷蔵、その他；0～8葉期に白熱電球による終夜電照
 使用種子：秋まき春どり作型で、株の中段（6～10段目）の莢から、2020年6月9日に採種

2. 開花促進処理方法の検討

1) 種子冷蔵処理期間が開花および時期別収量に及ぼす影響（実験 2）

‘光丸うすい’の各処理区における第1花節位は、22.5～23節であり、冷蔵処理期間による明らかな差は見られず、‘きしゅうすい’の20日処理区の23.5節と同等であった（表2）。開花開始日も同様に、11月1日～11月2日と冷蔵処理期間による明らかな差は見られなかった（表2）。収穫はいずれの処理区においても12月から開始されたが、40日処理区では総収量が他区に比べてやや少なかった（表2）。また、‘光丸うすい’の全処理区における12月～1月の収量は、‘きしゅうすい’よりもやや少なかったが、2月～4月の収量は、40日処理区を除いた区で‘きしゅうすい’よりも多く、総収量も多かった（表2）。

表2 ‘光丸うすい’における種子冷蔵処理期間が第1花節位、開花開始日および収量に及ぼす影響

品種	種子冷蔵期間	第1花節位 (節)	開花 開始日	時期別収量 (kg/10a)					合計
				12月	1月	2月	3月	4月	
光丸うすい	20日	23.0	11月2日	517	424	682	583	232	2,437
	25日	22.8	11月2日	553	474	572	579	255	2,433
	30日	22.5	11月1日	618	444	561	598	251	2,473
	40日	22.6	11月2日	495	487	553	538	236	2,309
きしゅうすい	20日	23.5	11月3日	653	488	425	608	209	2,383

注) 播種日：2020年9月15日、調査株数：各区24株、2反復
 種子冷蔵：30分間の吸水処理を行った種子をバーク堆肥へ埋没させ、20℃で30時間催芽処理後に、2℃で冷蔵処理
 使用種子：秋播き春どり作型で、2020年6月9日に株の中段（6～10段目）の莢から採種

2) 電照処理期間が開花に及ぼす影響（実験 3）

各処理区の電照開始から終了までの展開葉数は、2週間処理区で2.6～7.1葉、前期3週間区で0～7.1葉、後期3週間処理区で2.6葉～9.7葉、4週間処理区で0～9.6葉であった（表3）。

第1花節位は20.9～22.1節であり、いずれの処理区においても無処理区の28.9節よりも低くなったが、処理期間による顕著な差は見られなかった（表4）。一方、開花開始日は、2週間処理区の12月3日に比べ、3週間処理区で12月1日、12月2日、4週間処理区で11月30日と電照処理期間が長くなるほど早まった。

1月6日時点における節数は、いずれの処理区においても30.9～31.1節で処理による差は認められなかったが、無処理区に比べて1節程度少なかった（表5）。一方、茎径および小葉長は、2週間区に比べて3週間処理区で小さく、4週間区ではさらに小さくなった。2莢率は、無処理区が86%と最も高く、次いで2週間処理区、前期3週間処理区、後期3週間処理区、4週間処理区の順となり、電照処理期間が長くなるほど低い傾向が見られた。

表3 ‘光丸うすい’における電照処理期間中の本葉展開数の推移

試験区	電照期間	本葉数 (葉) ²					電照期間中の ^y 展開葉数 (葉)
		10月9日	10月16日	10月23日	10月30日	11月6日	
2週間区 (慣行)	10/16～10/30	0	2.6	4.8	7.1	9.6	4.5
前期3週間区	10/9～10/30	0	2.6	4.8	7.1	9.7	7.1
後期3週間区	10/16～11/6	0	2.6	4.8	7.1	9.7	7.1
4週間区	10/9～11/6	0	2.6	4.8	7.1	9.6	9.6
無処理区	—	0	2.5	4.7	7.0	9.3	—

注) 播種日：2020年10月5日、調査株数：各区4株、4反復（ただし、慣行区のみ8反復）、電照方法：白熱電球による終夜照射
 表中の■は、電照処理期間

²地中部の不完全葉2節を除く数値、^y電照終了時の本葉数-電照開始時の本葉数

表4 ‘光丸うすい’における電照処理期間が開花に及ぼす影響

試験区	第1花節位 ^z (節)	開花開始日 ^y (月/日)
2週間区 (慣行)	21.6 ± 0.3	12/3 ± 0.9
前期3週間区	20.9 ± 0.3	12/1 ± 0.5
後期3週間区	22.1 ± 0.2	12/2 ± 1.2
4週間区	21.5 ± 0.2	11/30 ± 0.8
無処理区	28.9 ± 0.8	12/29 ± 2.2

注) 播種日: 2020年10月5日

調査株数: 各区4株、4反復 (ただし、慣行区のみ8反復)

電照方法: 白熱電球による終夜電照

^z地中部の不完全葉2節を含む節数、^y平均値±標準誤差

表5 ‘光丸うすい’における電照処理期間が生育に及ぼす影響

試験区	節数 (節)	茎径 ^z (mm)	小葉長 ^y (mm)	2莢率 ^x (%)
2週間区 (慣行)	30.9	6.9	76.2	35.0
3週間 (前期) 区	31.0	6.6	73.8	25.3
3週間 (後期) 区	31.1	6.6	72.4	6.3
4週間区	31.1	6.3	69.7	3.6
無処理区	32.3	7.9	78.8	86.2

注) 調査日: 2021年1月6日

調査株数: 各区4株、4反復 (ただし、慣行区のみ8反復)

^z20節目と21節目の間の主枝中央部を測定^y20節目の複葉基部の小葉1枚を測定^x各節に着生する花房のうち2莢 (花) の割合

3. 採種条件の違いが開花および収量に及ぼす影響 (実験 4)

‘光丸うすい’における第1花節位は、1月区、2月区、3月区、露地下段区、4月区、露地上段区の順に低くなった (表6)。最も低い1月区と最も高い露地上段区では3.5節の差が認められた。開花開始日は、1月区および2月区が最も早く、次いで3月区、露地下段区、4月区、露地上段区の順となった (表6)。最も早い1月区および2月区と露地上段区では10日の差があった。収穫開始日は開花開始日が早い区ほど早かったが、開花日に比べてその差は大きかった (表6)。1月区および2月区の収穫開始日 (12月20日) に比べ、3月区で8日、露地下段区で15日、4月区で16日、露地上段区では24日遅かった (表6)。採種時の条件が同じ‘きしゅううすい’と比較すると、1月区、4月区ともに‘光丸うすい’で第1花節位がやや高く、開花開始日は同等かやや遅かったが、収穫開始日は、1月区で7日、4月区で5日遅かった。

収量について、‘光丸うすい’では、12~1月の初期収量は、2月開花区が最も多く、次いで、1月開花区および3月開花区、4月開花区および露地下段区となり、露地上段区が最も少なかった (表7)。一方、2月以降の収量は、4月開花区および露地下段区、露地上段区および3月開花区、2月開花区および1月開花区の順に多かった。‘きしゅううすい’と比較すると、採種時の条件が同じ種子では、12~1月の初期収量は、1月、4月区ともに‘きしゅううすい’よりも少なく、2月以降の収量は逆に多かった。総収量および収穫莢数は、露地下段区および4月区で他の区に比べて多かった (表7)。また、‘きしゅううすい’と比較すると、総収量、収穫莢数は1月区、4月区ともに‘光丸うすい’の方が多かった。特に、1月区の収量は‘きしゅううすい’の1.4倍となった。平均1莢重は、‘光丸うすい’では4月区、露地下段区、露地上段区で10.6~10.8gと、1月区、2月区、3月区に比べて重かった。L莢率は、1月区で86%と他区の90~93%に比べてやや低かった (表7)。

表6 採種条件が異なる種子における開花促進条件下での第1花節位および開花、収穫開始日

品種	採種条件	第1花節位 ^z (節)	開花開始日 ^y (月/日)	収穫開始日 ^x (月/日)
光丸 うすい	1月区	17.7 ± 0.2	11/4 ± 0.5	12/20 ± 1.3
	2月区	17.9 ± 0.2	11/4 ± 0.5	12/20 ± 1.2
	3月区	18.8 ± 0.1	11/8 ± 0.5	12/28 ± 1.7
	4月区	20.5 ± 0.1	11/11 ± 0.3	1/6 ± 1.3
	露地上段区	21.2 ± 0.1	11/14 ± 0.3	1/14 ± 1.0
きしゅう うすい	1月区	17.3 ± 0.1	11/2 ± 0.3	12/13 ± 1.0
	4月区	19.7 ± 0.4	11/11 ± 0.3	1/1 ± 1.0

注) 播種日: 2019年9月25日、供試株数: 各区12株、2反復 (‘きしゅううすい’は反復なし)

種子: 1~4月区は秋播きハウス栽培で、それぞれの時期に開花した莢から、露地区は秋播き露地栽培で下位節と上位節に着生する莢からそれぞれ採種した

開花促進処理: 2019年10月7日~21日の間、白熱電球による終夜照射

^z地中の不完全葉を含めた節位、^y初めて開花が確認できた日、^x初めて莢を収穫した日^z数値は平均値±標準誤差

表7 採種条件が異なる種子における開花促進条件下での時期別収量および莢品質

品種	採種条件	時期別収量 (kg/10a) ^z					収穫莢数 ^z (莢/m ²)	1莢重 ^y (g/莢)	L莢率 ^x (%)
		12~1月	2月	3月	4月	合計			
光丸 うすい	1月区	476	594	522	410	2,003	212.7	9.4	86
	2月区	531	653	567	355	2,106	216.7	9.7	92
	3月区	443	680	588	398	2,109	211.3	10.0	90
	4月区	371	802	854	500	2,528	233.7	10.8	93
	露地下段区	331	828	890	523	2,572	242.3	10.6	92
	露地上段区	229	793	713	350	2,084	193.3	10.8	93
きしゅう うすい	1月区	756	230	105	334	1,425	170.7	8.3	86
	4月区	635	670	449	449	2,201	229.3	9.6	87

注) 2019年9月25日播種、調査期間：収穫開始から2020年4月30日、調査株数：各区12株、2反復（‘きしゅううすい’は反復なし）

^z実入り1粒以上の可販莢の合計、^y合計収量/収穫莢数 ^x収量に占めるL莢（実入り4粒以上で極端な欠粒のない莢）の重量割合

4. 登熟条件が異なる種子における電照処理期間が生育と収量に及ぼす影響（実験5）

第1花節位は、低温種子では長期電照区で17.3節、慣行電照区で18.1節、高温種子では長期電照区で20.8節、慣行電照区で21.6節であり、低温種子が高温種子よりも低く、また、長期電照区が慣行電照区よりも低くなった（表8）。開花開始日は、低温種子では長期電照区が11月18日、慣行電照区が11月21日、高温種子では長期電照区が11月29日、慣行電照区が12月3日であった。低温種子が高温種子よりも11~12日早く、長期電照区が慣行電照区よりも3~4日早かった。収穫開始日は、低温種子では長期電照区が1月22日、慣行電照区が1月27日、高温種子では長期電照区が2月5日、慣行電照区が2月15日であった。低温種子では高温種子に比べ、長期電照区で14日、慣行電照区で19日早かった。また、同一種子内において、電照処理間で比較すると、低温種子では長期電照区で慣行電照区よりも5日、高温種子では10日収穫開始が早かった。

収量について、1~2月の収量は、低温種子が高温種子よりも多く、長期電照区で慣行電照区よりも多かった（表9）。一方、3~4月の後半の収量は、高温種子が低温種子よりも多く、同じ種子では慣行電照区で長期電照区よりも多かった。総収量は、高温種子の慣行電照区が2,720kg/10aで最も多く、次いで高温種子の長期電照区（2,576kg/10a）および低温種子の慣行電照区（2,532kg/10a）が同等となり、低温種子の長期電照区が2,438kg/10aと最も少なかった。1莢重は各区10.4~10.8gの範囲にあり、処理による顕著な差は見られなかった（表9）。L莢率は、高温種子の慣行電照区が79.7%と他区の89.3~92.9%に比べて低かった（表9）。また、3月中旬~下旬にかけて子実肥大不良莢が発生したが、高温種子が低温種子よりも、また慣行電照区が長期電照区よりも多い傾向が見られた。特に、高温種子の慣行電照区で他区に比べて発生莢数が多かった。

茎径は、下位節、上位節にかかわらず、低温種子が高温種子よりも小さく、また、長期電照区が慣行電照区よりも小さい傾向が認められた（表10）。収穫終了時の生育節数は、低温種子が高温種子よりも4.5~5.1節少なく、また、長期電照区が慣行電照区よりも1.3~1.9節少なかった。

表8 ‘光丸うすい’における種子の登熟時期と電照処理期間が開花および収穫開始日に及ぼす影響

種子の登熟時期	電照処理期間	第1花節位 (節)	開花日 (月/日)	収穫開始日 (月/日)
低温	長期	17.3 ± 0.10	11/18 ± 0.34	1/22 ± 0.3
	慣行	18.1 ± 0.11	11/21 ± 0.35	1/27 ± 1.0
高温	長期	20.8 ± 0.11	11/29 ± 0.49	2/5 ± 1.0
	慣行	21.6 ± 0.15	12/3 ± 0.47	2/15 ± 1.4

注) 播種: 2021年10月5日、電照処理: 長期区は10月10日~11月2日まで、慣行区は10月15日~10月29日まで白熱電球で終夜照射
調査: 各区14~17株、2反復、表中の数値は平均値±標準誤差

表9 ‘光丸うすい’における種子の登熟時期及び電照処理期間が収量および莢品質に及ぼす影響

種子の登熟時期	電照処理期間	収量 (kg/10a)				収穫莢数 ^z (莢/m ²)	1莢重 ^y (g/莢)	L莢率 ^x (%)	子実肥大不良莢数 ^w (莢/m ²)
		1~2月	3月	4月	合計				
低温	長期	850	1,117	471	2,438	233	10.5	92.9	0.8
	慣行	744	1,380	408	2,532	242	10.5	89.3	2.0
高温	長期	596	1,427	553	2,576	238	10.8	90.0	3.6
	慣行	460	1,678	582	2,720	262	10.4	79.7	14.4

注) 播種: 2021年10月5日、調査期間: 収穫開始~2022年4月30日、調査株数: 各区10株、2反復

^z全収穫莢数、^y合計収量/収穫莢数、^x収量に占めるL莢(実入り4粒以上で極端な欠粒のない莢)の重量

^w外観がL莢で子実が3粒以下の莢

表10 ‘光丸うすい’における種子の登熟時期および電照処理期間が茎径および収穫終了時の生育節数に及ぼす影響

種子の登熟時期	電照処理期間	茎径 ^z (mm)					生育節数 ^y (節)
		20-21節間	25-26節間	30-31節間	35-36節間	40-41節間	
低温	長期	6.4 ± 0.2	6.4 ± 0.2	5.9 ± 0.3	4.8 ± 0.3	4.2 ± 0.2	52.4
	慣行	7.1 ± 0.2	7.8 ± 0.2	7.1 ± 0.4	5.9 ± 0.4	4.3 ± 0.3	53.7
高温	長期	7.0 ± 0.2	7.3 ± 0.3	7.5 ± 0.3	6.6 ± 0.4	5.0 ± 0.3	56.9
	慣行	7.4 ± 0.2	8.4 ± 0.3	8.6 ± 0.3	7.3 ± 0.4	5.8 ± 0.4	58.8

注) 調査: 2022年5月2日、調査株数: 各区10株、2反復、表中の数字は平均値±標準誤差

^z節間の中央部を測定、^y調査時点での節数

考 察

1. 播種時期の検討 (実験1)

本県の実エンドウ産地における秋播きハウス冬春どり栽培では、地域により播種時期が異なる。印南町では冷蔵種子を用いて9月中旬に、みなべ町では9月下旬に、日高川町では10月上旬にそれぞれ播種が行われる。実験1では、一般的な採種作型である秋播き春どり栽培の採種種子を用いて、9月10日から10月5日の期間、5日おきに播種し、播種日を早めることによる収穫開始期の前進化を検証するとともに、‘きしゅうすい’の代表的な播種日である9月15日、9月25日、10月5日に対応する同時期収穫開始のための‘光丸うすい’の播種適期を検討した。その結果、播種日が早いほど、収穫開始日が早まり、収穫盛期も前進する傾向が確認され、早期播種による収穫開始期の前進と初期収量の増加が確認された(表1)。また、‘光丸うすい’は‘きしゅうすい’

い’ と同一の播種日では、播種期にかかわらず収穫開始日は遅延したが、5日早く播種することで、ほぼ同時期の収穫開始日となった。したがって、‘きしゅううすい’の播種日（9月15日、9月25日、10月5日）に対応する‘光丸うすい’の播種適期は、それぞれ9月10日、9月20日、9月30日であると考えられた。また、それぞれの播種日における‘光丸うすい’の収穫盛期は、‘きしゅううすい’よりも遅れたが、‘きしゅううすい’と同等の初期収量の確保には、播種日を5日以上早めることで対応できると考えられる。しかし、近年、本作型の播種時期である9月～10月が高温であるため、産地では、発芽不良や草勢低下を回避するために播種日を遅らせる傾向にある。このため、現行より5日以上播種日を早める技術の導入は栽培上のリスクが高く、播種日の前進だけでなく他の方法を組み合わせることが必要と考えられた。

2. 開花促進処理方法の検討（実験2、実験3）

1) 種子冷蔵による開花促進

エンドウは、花芽形成に対して春化効果が認められており、花芽分化や開花は、催芽期または幼苗期の低温により促進される（藤岡，2000）。エンドウにおける冷蔵処理による開花促進については、佐田ら（1987a, 1987b）により詳細に検討されている。同報告によると、2℃、20日間の冷蔵処理下では、種子の吸水直後から2～3葉期の生育ステージにおける処理で開花促進効果が高く、その効果には品種間差異があり、‘オランダ’や‘きしゅううすい’などの晩生品種ほど促進効果が高いとされている。産地ではこの知見に基づき、吸水種子または催芽種子を2℃で20日間冷蔵する技術が定着している。また、処理期間に関する報告として、サヤエンドウの‘美笹’は、処理期間3週間と4週間で到花日数や収穫開始日に差は認められないが、‘美笹’より晩生の‘赤花53号’では、処理期間4週間で到花日数と収穫開始日がより短縮されたことが報告されている（田旗・浜田，1991）。そこで、実験2では‘きしゅううすい’に比べて晩生の‘光丸うすい’において、冷蔵期間を延長することで、さらなる開花促進効果が得られるかを検討した。本実験では、無処理区を設けていないが、実験で用いた種子は、秋播き春どり栽培の採種種子であり、この作型で採種した種子は、開花促進処理なしで栽培した場合、第1花節位は33～34節になる（未発表）。本実験の第1花節位は23節であり、冷蔵処理による開花促進効果は確認されたものの、処理期間の延長による開花および収穫開始期のさらなる前進効果は見られず、‘紀州うすい’より初期収量は少なかった（表2）。このことから、‘光丸うすい’では開花促進に必要な種子の冷蔵期間は20日間で充足すると考えられ、冷蔵処理だけでは、‘きしゅううすい’と同等の初期収量の確保は困難であることが示唆された。

また、実験2では、実験1の9月15日播種区と同様の方法で種子冷蔵処理を実施し、同日に播種したが、実験1に比較して両品種ともに12月の収量が多く、1月～4月の収量は少なかった（表1、表2）。この要因として、実験1では播種から11月4日までは露地栽培であったのに対し、実験2では播種時から被覆条件下で栽培したこと、さらに12月1日からCO₂施用を開始したことで、栽培温度が高く推移し、収穫期が前進したことが考えられる。一方で、高温による草勢の低下が後半の減収に影響したと推察される。

2) 電照による開花促進

和歌山県の野菜栽培指針（和歌山県農林水産部，2021）では実エンドウの電照処理として、本葉3～8葉期に白熱電球を用いて深夜4時間の暗期中断または24時間日長での照射が推奨されている。

佐田ら (1987a) は、電照処理による開花促進効果にも品種間差異があり、晩生の‘オランダ’や‘きしゅううすい’は、早生品種に比べて促進効果が高いことを明らかにしている。また、開花促進効果が高い‘オランダ’と‘きしゅううすい’では、5~8葉期（不完全葉を含まない場合は、3~6葉期）の生育ステージが最も開花促進効果が高く、8葉期以降に処理をしても、開花は促進されないことを報告している(1987b)。実験3において、電照期間を慣行区の2週間（3~8葉期）よりも1~2週間長くした結果、第1花節位は慣行区と同等となり、佐田らの報告(1987b)と同様の結果となったが、開花日については、2週間延長した4週間処理（0~10葉期）区で早まり、開花促進効果が認められた。生育については、佐田ら(1987b)は電照期間を発芽後から11葉期、16葉期までと長くすると、生育が抑制されることを報告しているが、本実験においても、電照処理期間を長くすると茎径や小葉長が小さくなり、草勢が弱くなることが確認された（表5）。

3. 採種時の登熟条件の違いが開花および収量に及ぼす影響（実験 4）

エンドウは登熟中の低温で春化され、‘きしゅううすい’では、15℃以下で登熟した種子は、20℃以上で登熟した種子と比較して開花が早い（藤岡ら，2001）。また、採種する作型によっても種子の早晩性は異なり、秋播きハウス冬春どり栽培、夏播き年内どり栽培、秋播き春どり栽培の順に開花が早くなる（藤岡ら，2001）。

実験 4 では、採種条件の違いが種子の開花特性に与える影響を調査し、開花および収穫開始期の前進に有効な種子の採種条件について検討した。秋播きハウス冬春どり栽培では、1~2月区で最も開花、収穫開始日が早く、以降は採種時期が遅くなるほど収穫開始日も遅延し、4月区では、1~2月区より17日遅れた（表6）。これは、1~2月区では、開花、登熟期間を低温で経過したのに対し、4月区ではその期間が高温となったためと考えられた。また、秋播きハウス冬春どり栽培で採種した種子であっても、4月区のは藤岡らの報告（2001）で最も晩生とされる秋播き春どり栽培と同等の開花・収穫開始日となった（表6）。したがって、開花、収穫開始時期を早めるために用いる種子としては、秋播きハウス冬春どり栽培においても、低温期に開花した莢から採種する必要がある。‘きしゅううすい’の高温期に登熟した種子（4月区）と同程度の早晩性の種子を得るには、3月1日までに開花した莢から採種することが望ましいと考えられた。また、秋播き春どり栽培での採種においても、上段区は下段区よりも収穫開始日が10日遅延、総収量が20%減少し、早晩性と収量性に顕著な差が確認された（表6, 7）。

産地において栽培に供される種子には、市販の購入種子と生産者が青果用栽培ハウス内で採種した種子（自家採種種子）の2種類がある。‘光丸うすい’の種子は現時点では市販されていないが、‘きしゅううすい’を除く県内育成品種の販売種子は、橋本市の秋播き春どり栽培で生産されている。‘光丸うすい’においても同様の条件下での採種を想定した場合、本実験の結果から、同一ロットの種子であっても生育にばらつきが生じる可能性が示唆された。したがって、この作型で採種する場合は、開花の遅い花蕾を除去し開花期を揃えるなどの工夫が必要と考えられる。一方、自家採種種子については、‘光丸うすい’は種苗登録された品種であるため、育成者権者からの許諾を得たうえで、低温期に開花した莢から採種することで、開花の早い種子を確保できると考えられる。

また、収量についてみると、低温種子（1~3月区）は、1月末までの早期収量が多いのに対し、高温種子（4月区、露地下段区）は3月以降の収量が多く、低温種子に比べて1莢重が重く、総収量も多い特性があり（表7）、同じ条件で栽培しても、使用する種子の採種条件が異なると、収穫

時期や収量性が異なることから、使用する種子の特性に応じた栽培管理の必要性が示唆された。

4. 登熟条件が異なる種子における電照処理期間が生育と収量に及ぼす影響（実験5）

実験5では、登熟時の温度条件が異なる低温種子と高温種子を用い、電照期間を慣行（3～8葉期）と長期（0～10葉期）で設定し、初期収量向上に最も効果的な組み合わせを検討した。

この結果、いずれの登熟種子においても、長期電照により開花・収穫開始日が早まり、初期収量も増加することが示された（表8, 9）。しかし、開花促進や初期収量の増加に対しては、種子の登熟時の温度条件の影響がより強く現れ、高温種子では、長期電照を実施した場合でも、低温種子の慣行電照よりも高い開花促進効果は得られなかった。エンドウの開花促進は、種子冷蔵処理と電照処理の併用で最も効果が高いとされている（佐田ら, 1987a）。この知見に基づくと、低温種子が高温種子よりも開花促進された要因として、低温種子は登熟中に春化作用を受けており、種子冷蔵処理との併用と同様の効果が発現し、開花がより促進されたためと推察される。

一方、総収量については、実験4の結果と同様に、低温種子で少なく、長期電照ではさらに減収した。佐田らは‘きしゅううすい’および‘オランダ’を用いて電照期間を延長すると、両品種ともに草勢が低下するものの、2月下旬までの収量は‘きしゅううすい’では減少したのに対し、‘オランダ’では、多くなったと報告している（1987b）。「きしゅううすい」の早晩性は‘オランダ’よりも早生であることから、早生品種は、晩生品種に比べ、長期電照による草勢の低下による影響を大きく受けると考えられる。したがって、早生性を示す低温種子では、長期電照により草勢が低下し、総収量の低下につながったと推察される。

高温種子は、慣行電照では初期収量が少なくなる傾向が見られ、さらに他の区に比べて子実肥大不良莢が多発した。子実肥大不良莢は、日中の低温と寡日照下で発生するとされ（川西ら, 2010）、発生のしやすさには品種間差があり、莖が太く、莢重に対する子実重量の割合が低い品種で発生率が高いことが知られている（西森ら, 2007）。また、子実肥大不良莢は、栽培畝の日表面よりも日当たりの悪い日裏面に発生が多い（平ら, 2010）。高温種子で子実肥大不良莢が増加した要因として、‘光丸うすい’では‘きしゅううすい’よりも節間が短いゆえに、草勢が強いために葉が大きくなり、莢への日当たりが不良となったことで莢の温度が上がらず、より温度の上がりやすい葉や成長点への同化養分の分配量が多くなり、子実への分配が少なかったことが考えられる。しかし、草勢と子実肥大不良莢の発生との関連性については不明であり、今後の検討課題である。

以上の結果から、‘光丸うすい’の初期収量が最も増加する種子の種類と電照期間の組み合わせは、低温種子の長期電照であった。しかし、産地では低温と高温のどちらの種子も使用されることが想定される。産地で最も播種が遅い10月播種作型において、低温種子では、慣行（本葉3～8葉期）の電照期間では、2月までの収量は総収量の30%であり、長期電照の35%と大差はなかったが、総収量は長期電照で、やや少なくなった。一方、高温種子では、慣行の電照期間では、収穫開始日が遅く、2月までの収量は総収量の17%と顕著に少なくなり、さらに子実肥大不良莢の発生も多くなった。したがって、低温種子を使用する場合は、慣行の電照期間とし、高温種子を使用する場合は、播種日を早めるとともに、長期電照を行うことが初期収量増加だけでなく品質向上にも有効であると推察された。

近年、2～3月の気温が高く、生育適温が15～20℃であるエンドウでは、早くから草勢が低下し後半の減収が問題となっている。‘光丸うすい’は、‘きしゅううすい’より草勢が強く、後半の収量が多い特性があり、これら2品種を組み合わせることで収穫期の労力分散が図られるとともに、

産地においては長期間の安定出荷に貢献できることが期待される。

摘 要

実エンドウの秋播きハウス冬春どり栽培において、栽培管理の省力化が期待できる短節間品種‘光丸うすい’の開花および収穫開始時期を前進し、初期収量を増加させる方法を検討した。

1. ‘光丸うすい’を9月15日、9月25日、10月5日播種の‘きしゅううすい’よりもそれぞれ5日早く播種すると、収穫開始が‘きしゅううすい’と同時期となり、初期収量も増加した。
2. 種子冷蔵処理による開花促進効果は、‘きしゅううすい’と同様に2℃、20日間の処理で認められたが、処理期間延長によるさらなる前進効果は認められなかった。
3. 開花促進のための電照期間を慣行の3-8葉期（2週間）よりも長い、0~10葉期（4週間）とすると、第1花節位には差は認められなかったが、開花日が前進し、草勢の低下が認められた。
4. 秋播きハウス冬春どり栽培で、12月31日~3月1日までに開花し、登熟期を低温で経過した莢から採種した種子（低温種子）は、同じ作型で登熟期を高温で経過した4月以降に開花した莢から採種した種子や秋播き春どり栽培で採種した種子（高温種子）に比べて開花が早く、1月末までの初期収量も多かった。
5. 登熟時の温度条件の異なる低温種子と高温種子を用い、長期電照と慣行電照を組み合わせたところ、どちらの種子においても、長期電照で開花、収穫開始期の前進効果が認められ、初期収量は増加した。低温種子の長期電照で初期収量が最も増加した。

謝辞

本研究報告は、令和2~4年度競争力アップ技術開発事業において実施した成果の一部を取りまとめたものである。試験の実施にあたり、種子や本品種の貴重な情報を提供して下さった育成者の大野光男氏ならびに、多大なご助言を頂いたJAわかやま紀州地域本部の営農指導員の方々、日高振興局農林水産振興部農業水産振興課の方々に深謝する。

引用文献

- 藤岡唯志. 2000. 開花促進. pp. 基 99-103. 農業技術体系. 野菜編 10 (マメ類・イモ類・レンコン). 農文協. 東京.
- 藤岡唯志・花田裕美・加藤一人. 2001. 登熟温度と莢の低温処理がエンドウの開花に及ぼす影響. 和歌山県農林水産研報. 2: 93-98.
- 川西孝秀・神藤宏・福島総子・佐藤卓・三原弘光・西森裕夫・東卓弥. 2010. 実エンドウ栽培における子実肥大不良莢の発生要因の解明 第1報 遮光, 昼夜温が莢および胚珠の発達に及ぼす影響. 園学研. 9: 183-189.
- 西森裕夫・東卓弥・川西孝秀・神藤宏・福島総子. 2007. 実エンドウのハウス栽培における子実肥大不良莢発生の品種間差と発生防止のための温度管理. 園学研 6 (別 1) : 196.
- 大野光男. 2022. 光丸うすい. 品種登録 29046.
- 佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1987a. ハウスエンドウの開花促進に関する研究 (第1報) 長日,

低温処理の効果とその品種間差異について. 和歌山県農試研報. 12: 33-38.

佐田明和・藤岡唯志・西森裕夫. 1987b. ハウスエンドウの開花促進に関する研究（第2報）日長および種子低温処理が開花および生育・収量に及ぼす影響. 和歌山県農試研報. 12: 39-46.

田旗裕也・浜田豊. 1991. サヤエンドウにおける種子の低温処理期間が生育と収量に及ぼす影響. 東京都農試研報. 23: 21-28.

平貴志・東裕嗣・橋本倫代・田中俊史・平岡美和・富田栄一. 2010. ハウス栽培エンドウ‘きしゅううすい’の子実不良（空気莢）の抑制対策（2）. 農業および園芸. 85: 958-966.

田中寿弥・川西孝秀・小谷泰之・東卓弥. 2020. 実エンドウ新品種‘みなべ短節間1号’の特性. 和歌山県農林水研報. 8: 43-56.

和歌山県農林水産部. 2021. ウスイエンドウ（秋まきハウス冬春どり）. pp. 32-33. 野菜栽培指針.