

飛騨地域特産作物エゴマの機械化栽培体系の開発

袖垣一也・川瀬あゆ子・前田健・鍵谷俊樹*
(*現下呂農林事務所)

Development of an agricultural machine system in *Perilla*, a local specialty in Hida region, Gifu prefecture

Kazuya Sodegaki, Ayuko Kawase, Takeshi Maeda and Toshiki Kagiya
Gifu prefectural Research Institute for Agricultural Technology in Hilly and Mountainous Areas, Furukawa Gifu
509-4244

summary

It is suitable to use “Tane no Tomodachi (Sumitomo Forestry Co. Ltd.)” for raising of plug seedling of *Perilla*. Rooting rate increases by transplanting as deep as five centimeters below the surface. Raw *Perilla* grain harvested by a head feeding combine can be dried and mixed by a commercially available recirculating batch dryer for grains installed with anti-grain-drop-off net

Key Words: *Perilla frutescens* var. *frutescens*, plug seedling, agricultural machine system

キーワード：エゴマ、セル成形苗、機械化一貫体系

緒言

エゴマの生産性を向上させるためには作業の機械化が必須であるが、エゴマについては汎用コンバインを利用した収穫技術はほぼ確立しているものの、特に移植時の活着率の悪さから、市販の自動移植機を利用した機械移植技術や機械による乾燥調製技術に取り組んだ研究事例は無い。そこで、市販の移植機並びに乾燥機の改良による、機械移植技術及び機械乾燥技術について検討したので報告する。(本研究は平成 22-24 年度農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」課題番号 22063 により実施した。)

材料および方法

試験 1 機械移植に適した育苗培土の検討

【培土のスクリーニング】

2011 年 1 月 13 日に「種のともし」(スミリン農産工業社製)を培土とした 200 穴セルトレイに「飛系アルプス 1 号」を播種し、20℃の温度条件にて 15 日間育苗し、1 月 28 日に当研究所内圃場の水田土壌乾土(植壤土)、「メトロミック 350」、「川砂」、「種のともし」の 4 種類の土を充填した 128 穴セルトレイに移植

した。移植後の 128 穴セルトレイを入水したタフブネに入れ、概ね最大容水量に達するまで底面より吸水させた後に 20℃設定のベンチに置き、その後灌水は一切行わず、しおれて本葉がセルまで達した個体を「枯死個体」とし、経時的に計数した。また併せてセル内培土の水分や地上部茎葉水分を測定した。水分の測定はケット社製水分計 FD610 を用いて 120℃で 10 分間加熱し、加熱前からの減量重量を水分とした。

【専用培土の有効性の確認】

2011 年 5 月 6 日に、「飛系アルプス 1 号」を 200 穴セルトレイへ 1 粒ずつ播種した。育苗培土はピートモス主体のスミリン農産工業社製「種のともし」及び対照として当研究所内圃場の水田土壌乾土(植壤土)を使用した。降雨を遮断するため 6 月 8 日から 0.075mm 厚の被覆用農ビ(0.075mm 厚の被覆用農ビ(MKV ドリーム社製「ノービエース」)で雨よけ被覆した雨よけハウス内へ、6 月 9 日に条間 80cm、株間 80cm、栽植密度 1,563 株/10a で千鳥植えて定植した。定植時も含めて以降一切灌水を行わず、移植株の生育及び萎凋～枯死の状況を経時的に調査した。無施肥とし、また防除は実施しなかった。

試験2 移植方法の違いが活着率に及ぼす影響

2012年4月23日に、「飛系アルプス1号」をスマリン農産工業社製「種のともだち」を充填した200穴セルトレイへ1粒ずつ播種した。この苗を降雨を遮断するため6月8日から0.075mm厚の被覆用農ビ(MKVドリーム社製「ノービエース」)で雨よけ被覆した雨よけハウス内へ、6月11日に条間80cm、株間80cm、栽植密度1,563株/10aで千鳥植えで定植した。

移植方法として、移植機の移植機構より後部にある鎮圧ローラー後部に自作の土寄せ装置を装着して、移植と同時に土寄せ作業を行った区(培土板区)及び、培土板を使用せず移植深度を5cmの深植えとした区(深植え区)を設け、対照として標準の2cmの深度で移植した区(対照区)を設けた。

本圃へは移植時も含めて一切灌水を行わず、移植株の生育及び萎凋～枯死の状況を経時的に調査した。無施肥とし防除は実施しなかった。

試験3 子実の乾燥調製技術の検討

【通風乾燥試験】

サタケ社製米麦用縦型循環乾燥機 SDR10SEZG をベースに、乾燥機内加温部仕切り板や加温管の通風穴に、エゴマ子実が脱落しない目合いである、0.2×0.4mmの防虫ネットを強力磁石で展張固定する改良を施し、2010年11月11日に、乾燥に供試する子実量を20kg、50kg、500kgとして、内蔵ボイラーによる加熱を伴わない、通風のみによる乾燥を行って、経時的に子実水分を測定した。子実の水分測定はケット社製水分計FD610を用いて120℃で10分間加熱し、加熱前からの減量重量を水分とした。

【温風乾燥試験】

通風乾燥試験と同じ改良乾燥機を用いた。予備乾燥を行った子実300kgを2011年11月9日に、またコンバイン収穫直後の高水分状態の子実250kgを2011年11月11日から翌12日にかけて、それぞれ供試し、内蔵ボイラーを駆動した温風乾燥作業を行い、2010年と同じ方法で子実水分を経時的に測定した。

【少量子実温風乾燥試験】

通風乾燥試験と同じ改良乾燥機を用いた。2012年11

月1日から翌2日にかけて、100kg以下の小ロットのコンバイン収穫直後の高水分実を供試し、内蔵ボイラーを駆動した温風乾燥作業を行い、子実の水分及びルテオリン含量を継時的に測定した。水分測定は2010年及び2011年と同じ方法で行い、子実中ルテオリンの分析はアルプス薬品工業株式会社へ依頼した(分析:HPLC)。

結果

試験1 機械移植に適した育苗培土の検討

2010年にそれぞれの培土を128穴セルトレイに充填してエゴマ苗の枯死までの日数を比較した結果では、苗の枯死までの日数は、砂<土<メトロミックス<種のともだちの順に長く、ピートモス主体の「メトロミックス」と、「種のともだち」においても、枯死率に差がある傾向であった(表1)。苗がしおれ始めたときの苗地上部の水分は82.8%から88.1%であり、その時の培土の土壤水分は、概ね孔隙率の多少に応じて異なる傾向であった。(表2)。

表1 128穴セル移植苗の枯死率推移(2010年)

	苗枯死率(%)													
	移植後日数(日)													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14					
川砂	14	93	100	—	—	—	—	—	—					
所内水田土	0	25	71	97	97	97	97	100	—					
メトロミックス350	0	0	21	58	71	97	100	—	—					
種のともだち	0	0	14	25	38	93	100	—	—					

表2 苗しおれ時の培土と茎葉の水分率(2010年)

	培土水分 (%)	茎葉水分 (%)
川砂	1.3	82.8
所内水田土	8.4	82.9
メトロミックス350	37.3	88.1
種のともだち	36.5	87.8

2011年に育苗培土として所内水田土及び専用培土(「種のともだち」)を用いて、約一ヶ月育苗した苗を雨よけハウス内に移植し、無灌水で凋萎株の推移を見た試験においては、移植後11日の凋萎株の発生は水田土区が19.5%であったのに対し専用培土区は6.8%と少なかった(表3)。また凋萎した株の多くは枯死に至ったが、この割合も水田土区で多く、専用培土区で少なかった。移植15日後における枯死率は専用培土区5.8%に対し、水田土区14.7%であった(表3)。この時の生育は、第1葉長、同葉色ともに専用培土区は水田

土区にやや劣ったが、その差はわずかであった(表4)。

これらから地域で入手可能な「種のともし」が、育苗時の灌水回数を軽減でき、干ばつ時の移植欠株率低減が可能であることから、エゴマのセル育苗に好適と判断した。

表3 育苗に用いた培土と移植後の凋萎・枯死率 (2011年)

	6月20日の凋萎株率 (%)		6月24日の枯死株率 (%)	
	専用培土	水田土	専用培土	水田土
平均	6.8	19.5	5.8	14.7
標準偏差	5.85	10.06	3.97	9.82

n=23、移植：6月9日

表4 育苗に用いた培土と移植15日後の生育 (2011年)

	第一葉長 (cm)		葉色 (SPAD502指示値)	
	専用培土	水田土	専用培土	水田土
平均	8.3	9.2	33.6	35.2
標準偏差	0.83	0.97	1.09	2.27

n=23、移植：6月9日、調査：6月24日

2012年には移植機の移植機構より後部にある鎮圧ローラ後部に自作の土寄せ装置を装着して、移植と同時に土寄せ作業が行えるよう改造し(写真1)、雨よけハウス内に移植し移植後無灌水として、この自動土寄せ機構及び深植えによる、活着率向上効果の検討を行った。装着した土寄せ機構の効果は明らかでなかったが、植え付け深度を2cmから5cmと深くすることにより、移植10日後の生存株率は22.9%から60.0%へと大きく向上した(表5)。



写真1 自作の培土板を装着した移植機

表5 移植法と生存株率の推移 (2012年)

	培土板区 (土寄せ機構付加)	深植え区 (5cmの深植え)	対照区 (土寄せ、深植え共に無)
6月18日	18.6%	65.7%	24.3%
6月21日	18.6	60.0	22.9
6月25日	18.6	57.1	20.0
7月2日	12.9	45.7	20.0
7月4日	12.9	41.4	18.6

移植日：6月11日 移植方法：機械移植

表6 露地条件での生存株率の推移 (2012年)

6月18日	6月21日	6月25日	7月2日	7月4日
95.7%	95.7%	95.7%	92.9%	91.4%

移植日：6月11日 移植方法：機械移植

試験2 エゴマの乾燥調製技術の開発

エゴマ用に改造を施したサタケ社製米麦用縦型循環乾燥機ソーラナ SDR10SEZG を用いて、2010年に子実20kgを供し、ボイラーによる加熱を行わず通風のみによる循環乾燥を行った結果、循環部による子実の破損の発生は認められたが少量であり、この改造を施した縦型循環通風乾燥には、実用上の問題は無いと判断した。循環作業時の循環間隔は、60秒に1回の割合で約10秒間ハッチが開くのと、40秒間隔への調整が可能であることを確認した。

通風乾燥時に排塵機出口から、少量の子実種皮の排出が観察された(写真2)。このため循環機下部を確認したところ、子実種皮が割れたり、子実が損壊してペースト状になったものが確認された(写真3, 4, 5)。循環乾燥試験を80kgの子実量で実施した結果、水分については、運転前の平均水分8.0%に対し、時間が経過するにつれ低下し、変動係数も小さくなっていった。すなわち、80kgの張り込み量であれば140分程度の運転で十分な乾燥及び攪拌が可能であった(表7)。

大量循環運転試験は、産地や生産者が異なる水分や粒大や粒色の異なる、11種類(20kg/一袋)のエゴマ子実500kgを用いた。この結果、運転開始時に7.3%であった子実水分は運転開始180分後には水分6.2%、変動係数3.0%となり、この時の粒大や粒色はほぼ均

一になっていた。以上により、500kgの大量の子実を供した運転時も、実用上の問題は無いと判断した（表8）。

表7 エゴマ少量通風循環乾燥試験結果（2010年）

乾燥時間	0分	20分	80分	140分	200分
平均水分	8.0	7.7	7.3	6.7	6.3
変動係数	10.4	4.8	5.1	3.1	1.1
供試量	80kg、n=5				



写真2 通風乾燥時に排出されたエゴマ種皮
(2010年)



写真3 運転後の循環機下部のエゴマ
(2010年)



写真4 運転後の循環機下部カバー裏の状態
(2010年)



写真5 子実の損壊でペースト状となったエゴマ
(2010年)

表8 エゴマ大量通風循環乾燥試験結果（2010年）

乾燥時間	0分	120分	180分
平均水分	7.3	6.6	6.2
変動係数	10.9	3.5	3.0
供試量	500kg、n=5		

2011年には前年と同様に、エゴマ用に改造を施したサタケ社製米麦用縦型循環乾燥機ソーラナ SDR10SEZGを用いてボイラーを稼働させた温風乾燥試験を行い、循環時間等は前年の試験と同様とした。事前に予備乾燥し水分を10%以下に低下させたエゴマ300kgに対する温風乾燥予備試験では、張り込み時に8.4%であったエゴマ水分は、約2時間後には6%以下になった（表9）。この際エゴマ子実の熱による変敗や種皮の破損は

ほとんど観察されず、また乾燥前後の子実中のルテオリン含有率は大きく低下しなかったことから、本機による温風乾燥は実用上の問題は無かった。

コンバインで収穫されたばかりである「生脱エゴマ」250 kgを温風乾燥し、目標水分である6%台までの乾燥作業が可能か検討した試験において、乾燥終了後子実の脱落防止用に装着した防虫ネットの耐久性を確認するため、運転後に点検を行った。その結果、ネット自体の破損はなかったが、強力磁石で固定する際にしわが寄っているとそこにエゴマ種子が当たりやすく、子実が損壊する懸念があったため、ネット固定時にはしわにならぬよう、注意して貼り付ける必要があった。高水分エゴマの温風乾燥時における水分の推移は、張り込み時水分が27.3%で2時間後に17%台、13時間半後には7%になり、14時間後には6.4%と目標水分となった。午後からコンバインで収穫し搬入されたため、乾燥作業の開始時刻は15時となり、作業は23時まで行なった後いったん中断し翌朝再開したため、6%台の水分にまで下げるには通算14時間の運転を必要とした（表10）。供試したエゴマ子実にはヒユ等の雑草種子が多く含まれており、乾燥の効率を上げるためには乾燥機に搬入する前に、場合によっては雑草種子等の夾雑物を除去する必要を認めた。乾燥終了後各部品を点検した結果、ネットに若干の種皮埃が付着しており、また循環用バケット部ベルト下部にペースト状のエゴマの付着が観察されたが、実用上の問題はないと判断した。

2012年には前年までと同様、改造した縦型循環乾燥機ソーナ SDR10SEZG を用い、コンバイン収穫直後の53kgの小ロットの生脱エゴマを供試し、前年と同様にボイラーを稼働させた温風乾燥試験を行った。張り込み時15.6%であった子実水分は6時間後に10%台、8時間後には7%台になり、10時間後には目標水分である6.8%となった。またその際、生重あたりのルテオリン含量は低下しなかった（表11）。乾燥終了後子実の脱落防止用に装着した防虫ネットの点検を行った結果、ネット自体の破損はなかったことから、使用したネットについては点検・清掃を行えば3年連続の使用に耐えると考えられた。

（写真6）。運転後の分解・点検時には機械内部には多量乾燥時と同程度のエゴマ粒の残留があり、また、多量乾燥の場合に比べて品質を損なう種皮の剥離が増加する傾向であった（写真7）。このように53kgの小ロットの生脱エゴマの場合においても、10時間の温風乾燥運転でルテオリン含量を損わず乾燥可能であることを確認したが、小ロットの乾燥では歩留まりが悪化するため、極力多量のエゴマを供試することが望ましいと考えられた。

表9 温風乾燥予備試験結果（2011年）

経過時間	乾燥機内温度	水分	備考
0分	35℃	8.4%	乾燥開始
10分	35℃	8.4%	
20分	37℃	7.9%	
30分	36℃	7.7%	
60分	35℃	7.0%	
110分	37℃	6.0%	
130分	37℃	5.5%	乾燥終了

注) 子実水分10%未満のエゴマ300kg供試



写真6 運転後の子実脱落防止用ネット（2012年）

表10 高水分エゴマに対する温風乾燥に伴う水分の推移 (2011年)

経過時間(通算)	水分	時刻	備考
—	27.3%		搬入時
0分	25.9%	2011年11月11日 15:00	10分通風後乾燥開始
30分	20.5%		
60分	20.7%		16:00
90分	18.7%		
120分	17.8%		17:00
420分	15.9%		22:00
450分	14.7%		
480分	16.1%		23:00 停止
中断			
480分	15.1%	11月12日 9:00	再開
510分	14.7%		
810分	7.8%		
840分	6.4%		15:00 乾燥終了

張り込み量：250kg

表11 小ロットの高水分エゴマに対する温風乾燥に伴う子実水分と子実中ルテオリン含量の推移 (2012年)

経過時間(通算)	水分	時刻	ルテオリン(%)*	備考
0分	15.6	2012年11月1日 14:30	0.074	10分通風後乾燥開始
	15.1	15:30	0.069	
120分	13.0	16:30	0.106	
	10.7	17:30	0.111	
240分	10.5	18:30	0.107	
	14.4	19:30	0.113	
360分	10.3	20:30	0.107	停止
中断				
360分	8.9	2012年11月2日 8:30	0.111	再開
	8.1	9:30	0.094	
480分	7.9	10:30	0.099	
	7.3	11:30	0.108	
600分	6.8	12:30	0.099	
	6.9	13:30	0.108	
720分	6.5	14:30	0.101	乾燥終了

*：水分換算なし、張り込み量：53kg

ルテオリン分析：アルプス薬品工業株式会社



写真7 運転後のエゴマ粒 (2012年、白丸内は種皮が剥離したもの)

考察

これらの一連の試験により、ヤンマー社製野菜移植機 acp-10 を用いたエゴマの機械移植栽培において、200 穴セルトレイ上で育苗する場合、育苗培土としては飛騨地域で容易に入手可能な、スミリン農産社製「種のともだち」が好適であること、及び、移植後の活着率向上のためには、やや深めの 5cm の深さに移植することが効果的であることが明らかとなった。

これらの機械移植技術は、ヤンマー社製移植機 ACP10 を使用し、200 穴の専用セルトレイを用いた移植体系（片側 1 条、往復 2 条移植）に適用する。カタログスペックによれば本機は 0.45m/秒で移植する能力を有しているため、株間 80cm で連続移植した場合 1,620m（3,600 株）の作業能率となり、移植作業を大幅に省力化できる。

機械乾燥技術については一連の試験により、市販の米麦用縦型乾燥機（サタケ社製 SDR10SEZG）に 0.2×0.4mm 目合いの脱落防止のネットを装着することにより、圃場での予備乾燥を行わない、収穫直後のいわゆる生脱状態であっても、同機を用いた乾燥が可能であることが明らかとなった。縦型乾燥機を用いるメリットとしては乾燥作業の省力化の他に、複数圃場のロットを混合することによる均一化が期待できるため、エゴマの持つ高い機能性を活かした、高機能製食品製造などに、有益であると考えられる。

以上のように、本研究の結果、従来小規模で粗放的に生産されてきたエゴマについて、安定生産技術の開発が達成できたことにより、地元の数ある雑穀の一つに過ぎなかったエゴマの生産は新たな局面を迎えつつある。その機能性とあいまって生産が拡大することが予想され、エゴマを素材とした食品関連の市場規模は約 50 億円と推定されている。本研究の成果によって、耕作放棄地の減少が実現すると同時に、生産者・実需者双方の収益が向上し、エゴマ栽培と関連産業が、過疎化や高齢化に悩む地元地域で大きく成長することを期待したい。

謝辞

一連の研究の実施にあたり、飛騨市役所農林部の各

位におかれましては、新品種の元となった系統の収集維持にあたり、多大なるご協力をいただきました。また、アルプス薬品工業株式会社の各位におかれましては、機能性成分の分析等に際し多大なるご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

摘要

1. エゴマのセル苗育苗の培土には、スミリン農産工業社製「種のともだち」が好適である。
2. ヤンマー社製移植機 acp-10 を用いてセル苗を移植する際は 5cm の深植えとすることにより活着率が高まる。
3. 米麦用縦型循環乾燥機に 0.2×0.4mm 目合いの子実脱落防止用ネットを装着することにより、コンバイン収穫した生脱エゴマの乾燥および均一化が可能である。