

キャベツの機械移植栽培における土壌および移植条件が生育、収量に及ぼす影響

森山友幸・姫野修一・井手 治
(園芸研究所)

キャベツの機械移植栽培における生産の安定を目的として、土壌および移植条件が生育・収量に及ぼす影響を検討した。セル成型苗の機械移植において、根鉢への覆土が十分行われずに根鉢の上部が露出した苗と根鉢上面が畝面より高い浅植え苗の発生は、移植前の土壌の碎土性が高くなるほど減少した。細碎土を確保するためには、耕うんに使うロータリはアップカットロータリや、耕うん爪が慣行より多いロータリの利用が有効であった。移植条件の中で、収量への寄与率が最も高いのは、根鉢の露出程度であり、次に植付深さが34%と高かった。しかし、損傷程度、植付角度は3%程度と小さかった。また、根鉢が75%露出した場合には枯死株の発生が多かった。浅植えで、しかも根鉢が75%露出した場合には、枯死株が多発し、結球重が軽くなった。一方、植付角度は67.5度傾斜まで、葉の損傷は2枚までであれば影響が少ないことが明らかになった。

[キーワード: キャベツ, セル成型苗, アップカットロータリ, 碎土性, 移植精度, 枯死株, 結球重]

Effects of Soil Condition and Transplant Precision on Growth and Yield of Cabbage in Transplanting Culture Using Transplanters. MORIYAMA Tomoyuki, SYUICHI HIMENO and OSAMU IDE (Fukuoka Agric. Res. Cent., Chikushino, Fukuoka 818-8549 Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 19: 45-48 (2000)

In order to increase the yield of cabbage in a transplanting culture using a transplanter, the effects of soil condition and transplant precision on the cabbage growth and yield were investigated. In plowing the soil for planting, the finer the clod size, the lower occurrences of seedlings with exposed root-balls and shallowly planted seedlings. To obtain finely tilled soil, the use of up-cut rotary or a rotary tiller which has forty-eight tines proved effective. Concerning the ratio of the contribution of transplant precision to yield, the rate of exposed rootball plots and planting depth of seedlings mostly affected the yield of the plants. But the rate of damaged seedling leaves and planting angle showed no effect. Seedlings whose rootballs were almost exposed withered up at once.

[Key words: Cabbage, Plug seeding, Up-cut rotary tiller, Performance of pulverization, transplant precision, Mortal seeding, Fresh weights of heads]

緒 言

野菜生産においては、生産者の高齢化や新規就農者の減少のため年々栽培面積や生産者数が減少しており、機械利用による省力・軽作業化が望まれている。また、本県は耕地面積の76%を水田が占めており、米の生産調整が恒常的に増加する中で水田を活用した露地野菜の振興が大きな課題となっている。露地野菜の品目の中でキャベツは適応土壌の範囲が広く、水田での輪作体系が既に確立されているため水田における主要な露地野菜として期待されている。

キャベツの生産においては省力化を目的として野菜移植機の導入が急速に進もうとしている。移植機の実用性を向上させるには機械の機構、性能等の機械的な面の課題と、栽培様式や圃場条件、苗条件等の栽培技術面の両面についての課題解決が必要である¹⁾。機械的な面では苗分送機構と植付機構の組合せにより多品目の野菜に対応できる機械開発が進められ²⁾、開発された移植機利用での移植精度については報告^{3),4)}がなされている。一方、栽培技術の面では、栽植様式については農林水産省が野菜の機械化推進のために品目ごとに機械移植に適した様式を策定⁵⁾している。土壌条件については、川崎⁶⁾がタマネギの機械移植において碎土性が移植精度に影響することを報告しているが、畑地に比べて碎土性が劣る

水田でのキャベツの機械移植に関する報告はない。また、苗条件に関しては、機械移植へ適応できる育苗期間、育苗期の施肥法等の育苗技術⁷⁾や地域での利用可能なセルの大きさ⁸⁾等について多くの報告があるが、植付深さ、植付角度などの苗の移植条件に関しては、既に移植条件の単一要因が生育、収量に及ぼす影響について報告⁹⁾されているものの、複数要因間の影響の大きさや交互作用についての報告はない。機械移植での苗の移植精度は手植えに比べて不安定であり、移植条件が収量に及ぼす影響を検討することは重要である。更に、実際の移植では複数要因が相互に影響するため移植条件を総合的に検討する必要がある。

そこで、本報告では移植機利用による安定生産技術の確立を目的として、土壌の碎土程度と機械移植での移植精度との関係および移植条件が生育、収量に及ぼす影響を検討したので、その概要を報告する。

試験方法

試験 1 土壌の碎土程度と移植精度

試験は福岡県農業総合試験場の水田圃場(中粗粒灰色低地土)(以下の試験も同じ)で、キャベツ品種‘石井中早生’を供試し、土壌含水比、耕うん方法が異なる条件での碎土性と機械移植精度および収量を調査した。供試圃場は作畝前に耕うんと入水を行い、土壌含水比が27

%~38%の間の8圃場を用いた。供試ロータリはアップカットロータリ（ロータリの回転が進行方向と逆回転、RL150XG、以下、UPロータリ）、爪数が48本のロータリ（ロータリの回転は進行方向と同じ（ダウンカット）、RT-515、以下、48本爪ロータリ）、慣行ロータリ（爪数36本、ダウンカット、R150G）の3機種（いずれもK社製）を用い、作業速度は0.12~0.14m/sで行った。その他の供試機械はトラクタがGL-21（K社製）、移植機が全自動移植機SP-1（Y社製）を用いた。耕うん・作畝は1997年11月1日にトラクタにロータリと成畝器を装着して行い、移植は11月18日に全自動移植機を用いて行った。供試トレイは128セルを用い、28日間育苗した。前作は水稻で、耕うん前の藁重は47.3g/m²（乾物重）であった。調査は土壌含水比、土塊割合、移植精度について行った。

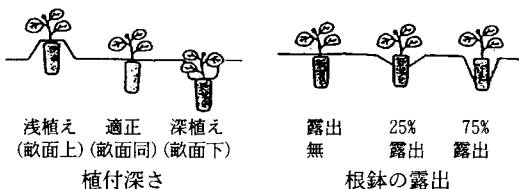
また、稲藁の有無による砕土程度と機械移植精度を調査した。1998年10月9日に水稻を収穫し、10月10日に稲藁を搬出した区（以下、稲藁無区）と稲藁はそのまま残す区（以下、稲藁有区、耕うん前の藁乾物重は49.3g/m²）を設けた。供試機械はロータリがRL14G（爪数36本、ダウンカット、K社製）、移植機がSP-1を用いた。11月1日に耕うん・作畝、11月3日に移植を行った。調査は土壌含水比、土塊割合、移植精度について行った。

試験2 移植条件が生育、収量に及ぼす影響

キャベツ品種に、冬出し栽培では‘YR 錦秋強力152’、春出し栽培では‘石井中早生’を用い、異なる移植条件での移植精度および生育、収量を調査した。第1表に試験区の構成を示した。移植条件は、植付深さが畝面と根鉢上面との関係から（浅植え [根鉢上面が畝面から1cm高い]、標準 [根鉢上面が畝面と同じ高さ]、深植え [根鉢上面が畝面から1cm低い]）、植付角度（直立、22.5度傾斜、67.5度傾斜）、苗の葉の損傷程度（損傷無、葉1枚除去、葉2枚除去）および根鉢露出程度が根鉢への覆土状態から（露出無 [根鉢上面が覆土されている]、25%露出 [根鉢上部が1cm露出している]、75%露出 [根鉢上部が3cm露出している]）の4要因、各3水準とし、実験計画法を用いて合計27区の試験区を設

第1表 試験区の構成

要因	第1水準	第2水準	第3水準
植付深さ	浅植	標準	深植
植付角度	直立	22.5度傾斜	67.5度傾斜
葉の損傷程度	損傷無	葉1枚除去	葉2枚除去
根鉢露出程度	露出無	25%露出	75%露出



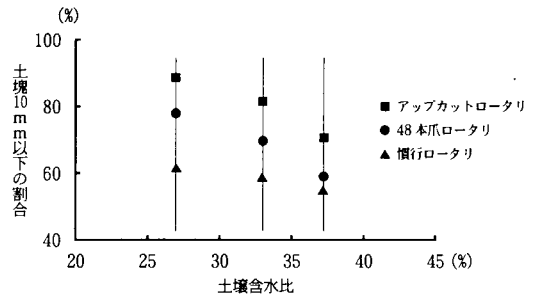
第1図 植付深さと根鉢露出程度の設定

定した（第1図）。各試験区における処理（水準）組み合わせは、要因の主効果と要因間の交互作用を的確に把握するために⁷⁾、L27 (3³) 3水準系直交表を適用した。冬出し栽培では1997年8月14日に播種し、9月10日に草丈12.8cm、葉数5.2枚の苗を移植した。春出し栽培では1997年10月14日に播種し、11月10日に草丈12.8cm、葉数5.2枚の苗を移植した。育苗には128セルのトレイを用いた。移植作業は人力で行い、試験規模は1区35株とした。調査は収穫時に結球重、枯死株率、結球の倒伏程度および収量について行った。

結果および考察

試験1 土壌の砕土程度と移植精度

3機種のロータリ利用における土壌含水比と耕うん、作畝後の砕土程度の関係を示した。供試した3機種の砕土程度は、作畝前の土壌含水比が高くなるとともに10mm以下の土塊割合が減少し、砕土性が劣る傾向を示した。ロータリの種類ではUPロータリが最も砕土性が優れ、48本爪ロータリ、慣行ロータリの順に劣った。特に、土壌含水比が高い条件でUPロータリの砕土性が優れていた。森本ら⁵⁾と林ら²⁾はUPロータリはダウンカットロータリに比べて砕土性が優れると報告しており、本試験の結果はこれらの報告と一致した。機械移植での適正株の発生は、UPロータリが最も多く、48本爪ロータリ、慣行ロータリの順に少なく、根鉢が10%以上露出した株の発生は、UPロータリが最も少なかった。a当たり収量は慣行ロータリ区に比べてUPロータリ、48本爪ロータリ区が高い値を示した（第2表）。藤原ら²⁾は根鉢の上面を覆土しない株は覆土した株に比べて結球重が軽く、欠株が多くなったこと、土屋ら¹²⁾は浅植え正植えに比べて収量が低下したことを報告している。慣行ロータリ区では浅植えが27%、根鉢10%以上



第2図 土壌含水比と各ロータリでの砕土程度

注) 供試土壌は砂漠土。供試機械はアップカットロータリR150XG、48本爪ロータリRT-515、慣行ロータリR150G、全てK社製。

第2表 ロータリの種類と土塊割合、機械移植精度、a当たり収量

ロータリ種類	10mm以下		角度 45°以上	植付深さ			覆土程度			a当たり収量
	%	%		浅	適正	深	適正	10%	25%	
アップカットロータリ	78	13	0	3	90	7	84	14	2	435
48本爪ロータリ	72	19	0	15	77	8	77	20	3	417
慣行ロータリ	64	23	7	27	67	6	60	33	7	387
分散分析LSD _{0.05}										*26.0

注) 供試ロータリはアップカット：RL150XG、48本爪：RT-515、慣行：R150G。植付角度は0°、45°、90°傾斜。植付深さは浅植、適正、深植。覆土程度は適正、根鉢が10%露出、根鉢が25%露出。土壌含水比は29.0%。*は5%水準で有意差有り。

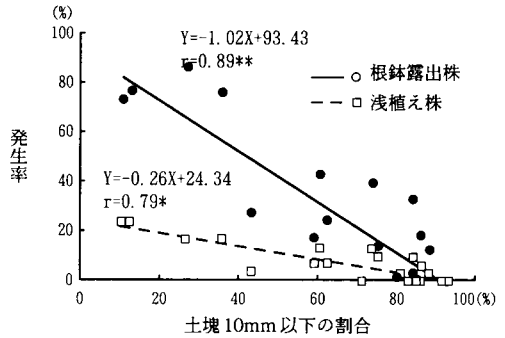
露出した株が37%と他の区に比べて多発生しており、これらの移植条件が収量の低下を招来したと考えられる。また、砕土程度と移植精度とは関係が深いと考えられるため、更に詳細（土塊10mm以下の割合が22%~76%の24条件下）に砕土程度と移植精度の各項目との関係を検討した（第3図、第3表）。土塊10mm以上の割合と植付不良株との関係は、根鉢の露出と斜植えがそれぞれ相関係数0.89、0.79とともに有意な負の相関を示した。また、植付不良株の発生率は、根鉢の露出が23.1±28.6%と最も高く、浅植えが12.3±16.1%、斜植えが7.0±7.6%、損傷が6.7%±9.7であった。よって、砕土程度は根鉢の露出と植付深さに大きく影響し、砕土性が高くなるほど根鉢露出と浅植え苗の発生が減ることが明らかとなった。

次に、水稻収穫から移植まで期間が短い作型での機械移植精度の向上を目的に水稻収穫後に稲藁を搬出し、収穫から25日後に移植した稲藁無区は、稲藁有区に比べて作畝前の土壌含水比が3ポイント低い値を示し、耕うん・作畝後の土塊10mm以下の割合は8ポイント高い値を示した。砕土性の向上は、土壌含水比の低下と稲藁の存在に起因する砕土性低下の影響がなくなったこと等が要因と思われる。全自動移植機利用での移植精度は稲藁有区が稲藁無区に比べて浅植えが多く発生し、覆土の精度も劣った（第4表）。

菅沼ら¹⁰⁾は砕土条件が不良で、やや硬い畝では浅植えの株が増加するなど移植精度が低下するので、細かい土塊の割合が高い土壌条件が重要であること、川崎⁹⁾は重粘土壌におけるタマネギの機械移植では、砕土の悪い水田で植付深さの精度が明らかに劣ったことを報告している。今回の水田でのキャベツの機械移植においても同様の結果が得られた。したがって、機械移植精度には砕土状態が大きく影響し、細かい土塊が多い条件では植付け苗への覆土状態、植付角度が優れている。砕土性には作畝前の土壌含水比が影響し、砕土性を向上させるには、まず作畝前にできるだけ土壌含水比を低下させることが重要である。そのためには暗きょの設置や水稻作での溝切り、早期落水等の乾田化対策が重要であり、さらに、耕うんに使うロータリは慣行ロータリよりUPロータリや48本爪ロータリが良く、水稻収穫から移植まで期間が短い作型では稲藁を搬出することが有効と考えられる。

試験2 移植条件が生育、収量に及ぼす影響

冬出し栽培の生育、収量への移植条件の影響を第5表に示した。収穫時の結球重は、深植えと根鉢露出無で重かった。移植後の枯死株率は、根鉢75%露出が最も高く、次に浅植えが高い値を示した。その結果、収量は深植えが最も高い値を示し、根鉢75%露出が最も低い値を示した。また、機械収穫において作業精度を低下させる要因となる収穫時の結球の倒伏程度は、浅植えが2.7で最も大きく、要因での差は植付深さが最も大きい傾向を示した。これらの変動の全体を100%として単要因と2要因の寄与率を示す（第5表）と、結球重は、根鉢露出によってその34.7%が影響され、植付深さで32.6%が



第3図 キャベツの機械移植における土塊10mm以下の割合と根鉢露出株、浅植え株の発生率

注) 試供品種は「石井中早生」、セル数は128セル、移植機はSP-1:Y社製。

第3表 機械移植での不良株発生率と砕土性との相関係数

植付精度の項目	発生率 (平均値±標準偏差)	10mm以下の 土塊割合との 相関係数
根鉢露出 10%以上露出	23.1±28.6	0.89**
植付深さ 浅植え	12.3±16.1	0.79*
植付角度 22.5度以上傾斜	7.0±7.6	0.70
葉の損傷 損傷有り	6.7±9.7	0.40

注) 10mm以下の土塊割合が22%~76%24条件での相関係数
**, *は5, 10%水準で有意な相関有り。

第4表 稲藁の有無と土壌含水比、土塊割合、機械移植精度

稲藁	土壌含水比			角度		深さ		覆土程度	
	10mm以下	10~20mm	20mm以上	45以上	45以下	浅	適正	適正	10%
無	26	66	24	0	19	81	75	25	
有	29	58	21	0	25	67	64	36	

注) 供試ロータリはRL14G、移植機はSP-1。移植精度調査は第4表と同じ。

第5表 キャベツの植付条件と生育、収量

変動要因	結球重 (g)	枯死株率 (%)	倒伏程度	a当収量 (kg)
植付深さ (寄与率)	(32.6**)	10.0	15.7'	34.2**)
浅植え	915	6.2	2.7	365
標準	937	3.0	2.2	386
深植え	1,081	2.2	2.0	444
植付角度 (寄与率)	(0.0	2.2	0.0	2.7)
直立	965	5.2	2.3	387
22.5度傾斜	975	3.8	2.3	396
67.5度傾斜	994	2.4	2.3	412
損傷程度 (寄与率)	(4.3	1.7	0.0	3.1)
損傷無	968	2.9	2.3	389
葉1枚除去	1,012	3.2	2.3	414
葉2枚除去	974	5.3	2.4	393
根鉢露出 (寄与率)	(34.7**	38.7**	3.4	37.5**)
露出無	1,045	3.8	2.1	438
25%露出	982	2.7	2.4	403
75%露出	907	8.0	2.5	354
植付深さ×根鉢露出	(7.6	4.7	0.0	9.7*)
損傷程度×根鉢露出	(3.5	0.0	0.0	4.3)

注) ① 値は推定される平均値。(寄与率)は、全体の変動を100%とした場合の各要因の影響を表す。

② 収穫時の倒伏程度は、結球の傾きを1:「直立」~5:「90度傾斜」。

③ **は5%、*は10%水準で有意差有り。

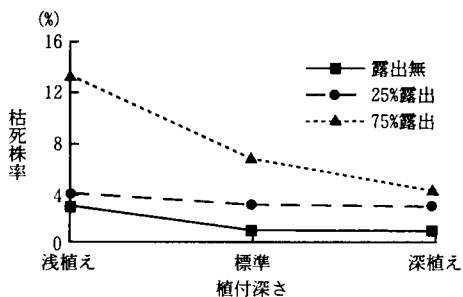
影響された。枯死株率は、根鉢露出で38.7%、植付深さで10.0%が影響された。収量は植付深さ、根鉢露出によっていずれも30%以上が影響され、損傷程度、植付角度は3.1%、2.7%と少なく、要因によって明らかな差がみられた。また、要因間の交互作用についてみると、収量では「植付深さ×根鉢露出」の寄与率が9.7%と大きく、有意な差を示した。ここで、結球重等への影響が大きい植付深さと根鉢露出の交互作用を見る(第4、5図)と、枯死株率は75%露出がすべての植付深さで他の水準より高く、特に浅植えと根鉢75%露出との組み合わせが13.5%と極めて高い値を示した。枯死株が多発した浅植えと根鉢75%露出との組み合わせでは収量が他に比べて極端に低かった。なお、以上の内容については春出し栽培においても同様の傾向を示した(データ略)。

藤原ら²⁾は覆土程度が結球重に及ぼす影響を検討し、根鉢の上面を覆土した株は覆土しない株(根鉢の上面を0~2cm露出)に比べて結球重が50%以上重く、その斉一性も高いこと、また、覆土しない株は覆土した株に比べて定植後の根鉢の含水率が激しく低下し、発根が劣り欠株が多かったことを報告している。本試験の株の枯死は移植後2週間程度の生育ステージの早い時期にみられ、浅植え株は、移植後10日頃までの風雨により覆土が飛散あるいは流亡し、根鉢上面が露出して根鉢の露出と同じ条件となっていた。このように、早い時期における根鉢の露出は藤原らの報告²⁾にあるように初期生育に悪影響を与えることになり収量の低下を招来したものと考えられる。また、弓野ら¹³⁾は、キャベツはレタスに比べて植付角度の影響が小さく、60度傾斜させた場合でも結球重は劣らなかつたと報告しており、今回の試験と

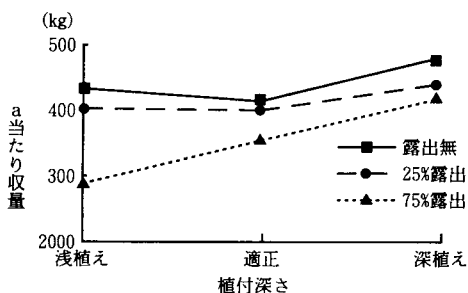
ほぼ一致した。したがって、セル成型苗利用での移植条件では、浅植えと根鉢の露出が移植後の生育、収量に悪影響を及ぼすが、67.5度までの植付角度や葉2枚までの損傷の影響は少ないことが明らかになった。よって、移植時には植付深さと覆土の状態に十分留意することが必要である。また、キャベツの機械収穫で作業精度を低下させる要因となる結球の倒伏には、植付深さが影響することが明らかとなった。

引用文献

- 1) 福地信彦・青柳森一(1996)キャベツ, レタス, パセリーのセル成型苗の育苗法. 千葉県農試研報. **37**: 73~84.
- 2) 藤原隆広・吉岡宏・四方久・佐藤文生(1998)キャベツセル成型苗の植え付け深さが活着および生育の斉一化に及ぼす影響. 園学雑 **67** (5): 767~772.
- 3) 林尚孝・森泉昭治・弓矢智夫・唐橋需・森本国夫(1985)耕うんによる層別土塊分布の評価法に関する研究. レイリー分布による土塊分布の近似. 農機誌 **47** (3): 343~348.
- 4) 川崎重治(1976)重粘土壌におけるタマネギ移植機の適用性試験. 農機誌 **38** (2): 279.
- 5) 村田利男(1979)野菜移植の機械化. 農機誌 **41** (3): 501~506.
- 6) 森本国夫・三浦恭志郎・八木茂・唐橋需(1982)レーキ付きアップカット・ロータリの作業性能. 農機誌 **43** (3): 375~378.
- 7) 三輪哲久(1995)直交表・環境適応性・タグチメソッドー「農業実験計画法小史」の紹介をかねてー. 農及園. **70**: P21~24.
- 8) 農業機械ハンドブック(1984)播種機, 移植機と施設農業機械学会編. コロナ社, pp.471-510.
- 9) 日本施設園芸協会(1998)野菜生産機械化緊急対策事業. 機械化適性栽培手法調査検討会報告書, pp. 21-22.
- 10) 菅沼健二・岩瀬博貞(1993)キャベツセル成型苗における苗質と生育および収量. 愛知県農総試研報. **25**: 179~186.
- 11) 土屋恭一・城所俊夫・米山裕・米倉正直(1990)野菜移植機の汎用化に関する試験(第1報). 神奈川県農総研研報. **132**: 9~24.
- 12) 土屋恭一・城所俊夫・米山裕・米倉正直(1991)野菜移植機の汎用化に関する試験(第3報). 神奈川県農総研研報. **133**: 1~18.
- 13) 弓野功・木野内和夫・関谷敏邦(1996)野菜移植機の利用後術に関する研究. 茨城県農業総合センター農業研究所研報. **3**: 55~78.



第4図 キャベツの冬出し栽培において植付深さと根鉢露出が枯死株率に及ぼす影響



第5図 キャベツの冬出し栽培において植付深さと根鉢露出がa 当たり収量に及ぼす影響