

株間及び株立ち本数が落花生「千葉半立」の生育、収量及び機械収穫による株反転率に及ぼす影響

清島浩之・鈴木健司・桑田主税

キーワード：落花生，株間，株立ち本数，収穫機，株反転率

I 緒言

2016年における全国の落花生作付け面積は6,550ha、生産量は15,500tで、そのうちの76%を千葉県が占める（農林水産省，2017）。落花生は省力的な品目であり、野菜の連作障害回避のための輪作作物として適していると考えられることから、千葉県では作付けが奨励されてきたが、作付面積は減少傾向にある。

落花生の播種から出荷までにかかる作業時間は、10a当たり約68時間であり、エンジンの170時間やサトイモの132時間に比べると短い（農林水産省，2010）。しかし、播種、収穫、脱莢等の作業の多くが人力に頼った体系で行われており、収穫・調製の作業が全体の41%を占める。収穫は中腰姿勢での長時間作業であり、株の引き抜きに腕力も必要であるなど労働負荷が大きい。このように労働負荷の大きな作業があることも、作付面積が減少している要因の1つと考えられる。

これまでに、収穫作業について省力化・機械化の方針や素案等が示され（鈴木ら，1972）、茨城県において外国製の収穫機の改良が試みられた（坂本ら，1981）が、収穫機は国内で普及しなかった。近年、生産者の高齢化が進み、栽培面積が減少して耕作放棄地の拡大も懸念されるようになり、以前にも増して機械化による省力化が求められている。

このため、2013年に農業機械等緊急開発事業において、農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センターと農業機械メーカーの松山（株）が共同で、収穫時の根切り、株の抜き取り及び株の上下反転機構を付加した落花生収穫機（以下、収穫機Aタイプとする）を開発した（深山，2014；深山ら，2014）。しかし、慣行の栽植密度の栽培では隣接株同士の分枝が絡んだ状況下での収穫となり、株

反転率が著しく低下し、手直しに多くの労力を必要とするところが課題となっている。その解決法として慣行より疎植での栽培法が有望と考えられるが、落花生では密植栽培に関する知見はあるものの（鈴木・布留川，1958；梶本・江藤，1977）、疎植栽培を試みた事例はない。

そこで、慣行より疎植となる株間及び株立ち本数で落花生を栽培し、生育、収量、株反転率等を調査し、この収穫機に適する株間等を明らかにした。

II 材料及び方法

1. 試験圃場及び供試品種

2014～2016年に千葉県農林総合研究センター水稲・畑地園芸研究所畑地利用研究室（香取市）の圃場（腐植質普通黒ボク土）において試験した。供試品種は、千葉県における作付面積の割合が約70%で最も高い「千葉半立」とした。本品種は、有効花の着花部位までは匍匐性を示すが、その先は立ち上がり匍匐性種と立性種の間型の草型であって、機械による掘り取りが容易（高橋，1976）であり、機械収穫による株反転率が比較的高いことが期待される。

2. 試験区の構成及び栽培概要

落花生の栽植様式は、現地慣行に準じた畝幅70cm、畝間130cmの2条、条間45cm千鳥播きのマルチ栽培とした。第1表に示すとおり、試験区は株間及び株立ち本数を変えて設定し、30cm-1本区を慣行区とした。試験区の規模は、各区ともに長さ30m以上の1～2畝とし、2反復とした。

基肥として、高度化成肥料（5-15-20）40kg/10a（10a当たり窒素2kg、リン酸6kg及び加里8kg）を全面施用し、追肥は行わなかった。播種は各年とも2回行い、2014年に

第1表 各試験区の調査年及び栽植株数

試験区	調査年			栽植株数 (株/10a)
	2014	2015	2016	
30cm-1本(慣行)	○	○	○	5,128
35cm-1本			○	4,396
40cm-1本			○	3,846
45cm-1本		○	○	3,419
45cm-2本	○	○	○	3,419
50cm-2本			○	3,077
60cm-2本	○			2,564

受理日 2017年8月18日

本報は、攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業「落花生の超省力生産体系の実証」（2014年度及び2015年度）及び革新的技術開発・緊急展開事業「落花生の作付け拡大を支援する新体系機械化技術の構築と実証」（2016年度）の一環として実施した。また、本報の一部を、2015年度農業食料工学会関東支部大会第51回講演会（2015年8月，神奈川県藤沢市）で発表した。

は5月23日及び6月16日、2015年には5月25日及び6月15日、2016年には5月20日及び6月15日とした。1本区は2粒、2本区は3粒播種し、出芽後の間引き及び補植により、各株とも設定の株立ち本数にした。マルチは、開花期の7~10日後に除去し、その後に中耕培土した。薬剤散布は、慣行に従った。各年・各播種時期ともに開花期の95日後を目安に収穫した。

3. 調査方法

(1) 落花生の生育及び収穫物

収穫機による作業前に、各区において生育が中庸で連続する5株2条合計10株を鋤で掘り取り、各株の最長分枝長及び総分枝数を調査した。1粒莢の場合は莢長1cm以上、2粒莢の場合は2cm以上の莢を各株から手脱莢して10株分を一つの網袋に入れ1か月程度風乾した後、上莢数及び乾燥莢実重を計測した。2015年及び2016年には、併せて隣接株同士の分枝が交差している幅を交差幅として、各区1条連続10株について計測した。

(2) 収穫機による株反転率、莢損失率及び推定収量

2014年及び2015年には収穫機Aタイプ、2016年はこの収穫機最後部の反転ガイド機構を反転ガイド板から、金属棒の櫛状配置(特許出願中)に改良した収穫機Bタイプを供試した。株反転率及び莢損失率は、各区1畝10mについて調査した。作業後に株が完全に反転して根が上を向いている株、もしくは反転が不完全で横転しているが、根が露出し莢の多くが地面に接していない株を反転株とし、これら以外を未反転

株とした。株反転率は、次式で求めた。

$$\text{株反転率 (\%)} = \text{反転株数} / \text{調査株数} \times 100$$

莢損失率は、収穫時に株から分離して地表面に落下した莢及び深さ10cmまでの地中に埋没した莢のうち、1粒莢の場合は莢長1cm以上、2粒莢の場合は2cm以上の莢を採取して風乾後に重量(損失莢実重)を測定し、次式で求めた。

$$\text{莢損失率 (\%)} = \text{損失莢実重} / \text{乾燥莢実重} \times 100$$

また、収穫機による推定収量を次式で求めた。

$$\text{推定収量 (kg/10a)} = \text{乾燥莢実重} \times (100 - \text{莢損失率})$$

(3) 収穫作業時間

2015年及び2016年の6月播種において、株反転修正に要した時間を調査した。各区において落花生収穫作業の経験がある50代の男性2名により、機械収穫後の未反転株を修正する作業を行い、この作業時間を計測した。30cm-1本区では、上記のほか現地の収穫体系でも使用されている耕耘機に装着した1条用の根切機で根切りした後、上述の2名が人力で全株抜き取り反転する作業を行い、この作業時間も計測した。

III 結果

1. 落花生の生育及び収量

第2表に調査年、播種日及び試験区別の生育及び収穫物調査結果を示した。

最長分枝長は、2014年が51~56cm、2015年が48~

第2表 調査年、播種日及び試験区別の生育及び収穫物調査結果

調査年 (年)	播種日 (月/日)	試験区		最長 分枝長 (cm)	交差幅 (cm)	総分 枝数 (本/m ²)	上莢数 (個/m ²)	乾燥 莢実重 (kg/10a)	莢実重 慣行比 (%)
		株間-	株立ち 本数						
2014	5/23	30cm-	1本	54±5	-	230±11	187	348	100
		45cm-	2本	54±4	-	251±11	180	309	89
		60cm-	2本	55±3	-	219±13	176	278	80
	6/16	30cm-	1本	51±4	-	268±9	152	334	100
		45cm-	2本	53±4	-	264±8	144	345	103
		60cm-	2本	56±5	-	248±11	136	342	102
2015	5/25	30cm-	1本	54±4	28±8	297±9	92	402	100
		45cm-	1本	51±4	18±8	246±7	127	364	91
		45cm-	2本	50±3	22±6	250±15	103	382	95
	6/15	30cm-	1本	49±4	30±6	272±8	174	482	100
		45cm-	1本	48±4	9±6	205±7	147	469	97
		45cm-	2本	51±4	15±6	232±9	147	493	102
2016	5/20	30cm-	1本	56±4	25±10	277±8	133	318	100
		35cm-	1本	61±6	28±6	248±8	147	341	107
		40cm-	1本	59±6	21±6	232±8	138	320	100
		45cm-	1本	61±5	21±6	259±12	132	295	93
		45cm-	2本	65±6	19±5	277±10	121	298	94
		50cm-	2本	58±3	5±6	217±8	129	285	89
	6/15	30cm-	1本	62±5	23±12	248±8	115	259	100
		45cm-	1本	62±5	15±8	223±10	120	251	97
		45cm-	2本	68±8	11±8	255±14	124	268	103

注) 最長分枝長、総分枝数及び交差幅は平均±標準偏差を示す

54cm, 2016年が56~68cmであった。平均値に年次間差が見られたが、試験区間の差は小さかった。交差幅は、2016年の30cm-1本区が23~25cmに対し、35cm-1本区が28cm, 40cm-1本区及び45cm-1本区が15~21cm, 45cm-2本区が11~19cm, 50cm-2本区が5cmであった。株間が広くなるに従って交差幅が狭くなったが、株立ち本数による差は小さかった。総分枝数は、30cm-1本区が230~297本/m²と他の区よりやや多かった。株間が狭くなるに従って多い傾向であったが、同じ株間の場合は株立ち本数が1本よりも2本でやや多かった。

1m²当たりの上莢数は、30cm-1本区が92~187個でやや多く、株間40cm以上では広くなるに従って少なくなった。10a当たりの乾燥莢実重は、5月播種では、30cm-1本区が318~402kgであったのに対し、35cm-1本区が341kgで最も重く、株間40cm以上では広くなるに従って軽くなった。同じ株間における乾燥莢実重は、株立ち本数が1本よりも2本で多かったが、その差は小さかった。また、6月播種では各年ともいずれの区も30cm-1本区と同程度の乾燥莢実重であった。

2. 収穫機による株反転率、莢損失率及び推定収量

第3表に落花生収穫機による株反転率、莢損失率及び推定収量を示した。株反転率は、30cm-1本区が27~66%で試験年次及び播種時期による差が大きく、35cm-1本区では39%であったのに対し、40cm-1本区、45cm-1本区

及び2本区はそれぞれ71%、60~79%及び59~78%であり、株間40~45cmで概ね60%以上であった。また、50cm-2本区は55%、60cm-2本区は57~76%で、40~45cmの区よりやや低かった。45cm-1本区及び2本区における株反転率は、同程度であった。莢損失率は、2014年が0.8~2.7%、2015年が1.5~3.6%、2016年は3.4~12.9%と前2年よりやや高かった。このように莢損失には年次間差が大きかったが、試験区間に一定の傾向はなかった。

収穫機による推定収量は、乾燥莢実重と同様に株間が広いほど少なくなる傾向であった。莢損失に伴う減収量は、莢損失率が3%以下の場合には10kg/10a未満であったが、莢損失率が高かった2016年には最大で38kg/10aと推定された。

3. 収穫機を用いた作業時間

第4表に試験区及び収穫作業体系別の収穫作業時間を示した。根切り機を用いた体系において、根切り作業及びその後の全株抜き取り・反転作業に要した時間は、2015年が5.7h/10a、2016年が5.6h/10aであった。収穫機を用いた場合の収穫作業及び株修正作業に要した時間は、2015年は30cm-1本区が2.2h/10a、45cm-2本区が1.7h/10aであった。2016年では30cm-1本区が3.2h/10a、45cm-1本区及び2本区がそれぞれ2.3h/10a及び2.2h/10aであった。45cm区において作業に要した時間は、2015年には慣行の根切り機体系の30%、2016年では40

第3表 落花生収穫機による株反転率、莢損失率及び推定収量

試験年 (年)	播種日 (月/日)	試験区		株反 転率 (%)	莢損 失率 (%)	推定 収量 (kg/10a)	使用した 収穫機
		株間-	株立ち 本数				
2014	5/23	30cm-1本		63	0.8	345	Aタイプ
		45cm-2本		78	1.9	303	
		60cm-2本		76	2.3	271	
	6/16	30cm-1本		66	2.7	325	
		45cm-2本		76	1.7	339	
		60cm-2本		57	1.3	337	
2015	5/25	30cm-1本		41	2.4	392	
		45cm-1本		79	1.5	359	
		45cm-2本		59	3.6	368	
	6/15	30cm-1本		61	1.7	474	
		45cm-1本		64	1.6	461	
		45cm-2本		67	2.6	480	
2016	5/20	30cm-1本		27	7.5	295	Bタイプ
		35cm-1本		39	6.7	318	
		40cm-1本		71	8.2	293	
		45cm-1本		66	12.9	257	
		45cm-2本		77	10.4	267	
		50cm-2本		55	3.4	275	
	6/15	30cm-1本		42	10.3	233	
		45cm-1本		60	10.8	224	
		45cm-2本		62	5.7	252	

第4表 試験区及び収穫作業体系別の収穫作業時間

調査年 (年)	試験区		使用した 収穫機等	作業時間 (h/10a)			合計作業時間 対根切り機比 (%)
	株間	株立ち 本数		収穫機等	株抜き ・修正	合計	
2015	30cm	-1本	根切り機	0.5	5.2	5.7	100
	30cm	-1本	収穫機Aタイプ	0.8	1.4	2.2	38
	45cm	-2本	収穫機Aタイプ	0.8	0.9	1.7	30
2016	30cm	-1本	根切り機	0.5	5.1	5.6	100
	30cm	-1本	収穫機Bタイプ	0.8	2.4	3.2	56
	45cm	-1本	収穫機Bタイプ	0.8	1.5	2.3	41
	45cm	-2本	収穫機Bタイプ	0.8	1.5	2.2	40

注1) 播種日及び収穫日は、両年ともに6月15日及び10月19日

2) 根切り機利用の時は全株を、収穫機を利用した時は未反転株のみを反転修正した

3) 収穫機等に係る作業時間は、深山ら (2015) の値を用いた

～41%であった。

IV 考 察

本研究において、株反転率は慣行より株間を広げること
で向上し、株間40～45cmでは概ね60%以上となった。鈴木・布留川 (1958) は、「千葉半立」を株間24～45cmの
正方形植えて栽培し、一般的に最長の分枝になる第1及び
第2分枝の長さを調査したところ、密植のものほど長く、
疎植になるに従って短くなると報告している。梶本・江藤
(1977) は、株間を10～30cmにした栽培で、疎植になる
に従って1株当たりの総分枝数及び上莢数が増加したが、1
m²当たりではある間隔以上に疎植にしても分枝数等の増
加に限界があると報告している。本研究では、株間に関係
なく最長分枝長は概ね同じ長さであり、疎植になるに従っ
て1株当たりの総分枝数及び上莢数が増加したが、1m²当
たりではどちらもやや減少傾向であった。最長分枝長に差
がなかったことから、株間が広がるに従って交差幅が狭
くなり、隣接株との絡みが少なくなった。供試した収穫機
は、株を掘り上げた後の後方への放てきが1株ずつ行われ
ることを前提に設計され、姿勢を制御する機構はない (深
山ら, 2015) ことから、隣接株との絡みが少なくなって1
株毎に掘り上げされるようになったことが、株反転率の向
上に寄与したと考えられる。一方、掘り取り株が前後の株
と離れ過ぎている場合、相互に寄りかかれずに横転するこ
とが観察され、このことが株間50cm以上の区で株反転率
がやや低下した要因の1つになったと考えられる。

単位面積当たりの収量については、鈴木・布留川 (195
8) は「千葉半立」を株間24cmで正方形植えた場合に最
大になり、梶本・江藤 (1977) は株間を10～30cmの間で
変えて栽培したところ、株間18cmで最大になったとそれ
ぞれ報告している。本研究では、10a当たりの乾燥莢実重
はより疎植である株間35cmで最大値が得られ、異なる結

果となった。小野 (1976) は、低肥沃土では12.5本/m²の
密植によって最大収量が得られ、栽植密度と収量の関係は
凸型の一頂曲線で表現されるが、高肥沃土では密植による
収量差が少なく、逆に密植によって減収傾向がみられ、栽
植密度と収量の関係は凹型の一頂曲線で表現されると報
告している。このように、落花生の栽植密度と収量との関
係は圃場の肥沃度によっても異なる。試験圃場は野菜等と
の輪作を行っていたため、肥沃度が比較的高かった。千葉
県内の一般的な落花生生産圃場でも同様に肥沃度が高い
ので、この結果と大きく変わらないと考えられる。

収穫時における生莢の損失率は、根切り機による収穫作
業で2.6～4.3%であったのに対し、開発初期の収穫機A
タイプでは4.6～6.0%で、やや高い (深山ら, 2015) と報告
されている。一方、本研究における莢損失率は、各年とも
株間による一定の傾向は認められなかった。また、2016年
以外は、深山らの根切り機による数値と概ね同等であった。
鈴木ら (1972) は、機械収穫時の損失莢は収穫機の機械
的振動等により子房柄と莢が分離して発生すること、子房
柄の強度は病原菌による腐敗や成熟程度による影響が大
きいことを報告している。2016年は、9月の日照不足と低
温の影響で、例年より早期に株の成熟が進んで、収量減少
とともに収穫が適期より遅れた。この年の莢損失率が全体
的に高かったのは、子房柄の老化により自然落莢が多かつ
たことが原因と考えられる。

収穫作業時間は、全株を修正した場合でも株の抜き取り
及び土の篩い落としがされているため、根切り体系での作
業時間に対して株間30cmで72%に、株間45cmでは53%に
短縮できた (深山ら, 2015) と報告している。本研究で
の収穫作業時間は、株間30cmでは根切り機を用いた作業
体系の38～56%に、株間45cmでは30～40%となり、株間
が広がるに従って修正を必要とする株数が減少するため
株間45cmの方が短縮した。株間50cm以上の作業時間は調
査していないが、株間45cm以下の場合より株反転率がやや

低下することや収穫機を稼働させる時間自体は等しいことから，株間45cmと大差ないと推定される．以上をまとめると，機械収穫における適正な株間は40～45cmであると考えられた．

株立ち本数については，持田・大江（2011）は落花生と同じマメ科である大豆の生育及び収量を比較し，1本と2本に大きな差がなかったと報告している．本研究でも，乾燥莢実重は2本の方が1本よりやや多いものの，その差は小さく，他の生育調査の項目でも差が見られなかった．このように大豆と同様に落花生でも生育量に大きな差がなかったため，収穫作業に影響が出ず，株反転率や莢損失率等に株立ち本数の違いによる差が生じなかったと考えられた．したがって，機械収穫において株立ち本数は必ずしも2本の必要はないと考えられた．

これらのことから，落花生収穫機による収穫に適した栽植様式は株間40～45cmであり，株立ち本数は1本及び2本のどちらでもよいと判断した．

本研究での機械収穫による株反転率は，天候等の影響もあるが，栽培条件の適正化によって最高79%まで上昇させることができた．株反転率がさらに向上すれば，一層の作業時間の短縮と省力化が期待できるので，今後も収穫機の改良とともに，これに適する栽培法の改善を進める必要がある．また，収穫機の現地実証試験を行うことで現地導入を推進し，県内落花生生産の安定化と大規模化を図りたい．

V 摘 要

落花生「千葉半立」における，農業・食品産業技術総合研究機構等が共同開発した落花生収穫機利用体系に適する株間及び株立ち本数を明らかにするため，2014～2016年に栽培試験を行い，生育，収量及び機械収穫による株反転率等を調査した．

慣行の株間30cm以上に疎植しても株の生育は，慣行と大きな差はなく，最長分枝長や1m²株当たりの総分枝数は同程度であった．収量は株間35cmで最大となり，40cm以上にすると減収した．一方，株反転率は40cm及び45cmで概ね60%以上と高かった．株立ち本数の1本及び2本では，これらの数値の差は小さかった．

以上の結果から，この収穫機に適した栽植様式は株間40～45cmで，株立ち本数は1本及び2本のどちらでもよいと判断した．

VI 引用文献

- 梶本 明・江藤博六（1977）落花生のポリマルチ栽培について 第6報 栽培密度について．日作九支報．43：1-3.
- 深山大介（2014）ラッカセイ収穫機の開発．特産種苗．18：58-61.
- 深山大介．青木 循．李 昇圭．宮崎昌宏（2014）ラッカセイ収穫機の開発．平成25年度生研センター研究報告会．pp.11-17．農研機構生研センター農業機械化研究所．埼玉．
- 深山大介・細川 寿・鈴木健司・清島浩之・桑田主税・滝沢芳則・湯原光治・小林茂喜・村山生夫（2015）現地試験によるラッカセイ収穫機の作業特性について．農食工学会関支．51：60-61．（講要）．
- 持田秀之・大江和泉（2011）一株本数と栽培密度がダイズの生育に与える影響．東北農業研究．64：43-44.
- 農林水産省（2010）品目別経営統計平成19年産品目別経営統計．<<http://www.estat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001061833>>最終アクセス2017年12月8日．
- 農林水産省（2017）特定作物統計調査．平成28年産作物統計（普通作物・飼料作物・工芸農作物）．<<http://www.estat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001173263>>最終アクセス2017年12月8日．
- 小野良孝（1976）落花生の栽植密度と品種（講座 作物の育種とその生理9）．農業技術．31（1）：5-10.
- 坂本 侑・木野内和夫・浅野伸幸・広木光男（1981）落花生収穫の機械化．農業機械学会誌．43：655-656.
- 鈴木幸三郎・安氏 優・武田英之（1972）落花生の機械化作業体系に関する研究．千葉農試研報．12：63-81.
- 鈴木正行・布留川彌重郎（1958）落花生の栽植密度に関する研究 第1報．千葉大園学報．6：146-150.
- 高橋芳雄（1976）作型と適応品種．農業技術体系．作物編6．ラッカセイ基礎編．pp 基+78-81．農文協．東京．

Effects of Hill-to-Hill Distance and Stand Numbers on Growth, Yield, and Percentage of Inverted Hills, for the ‘Chibahandachi’ Peanut Cultivar, When Utilizing a Novel Peanut Digger

Hiroyuki KIYOSHIMA, Kenji SUZUKI and Chikara KUWATA

Key words : peanut, hill-to-hill distance, stand numbers, peanut digger,
percentage of inverted hills

Summary

In 2014-2016, the authors investigated the growth, yield and percentage of inverted hills, for the ‘Chibahandachi’ peanut cultivar, when utilizing a novel peanut digger, to determine the hill-to-hill distance and stand numbers most suitable for the peanut digger use. The digger was co-developed by the National Agriculture and Food Research Organization and a farm machinery manufacturer.

The growth difference was small between the conventional hill-to-hill distance of 30 cm and sparse planting; and the length of the longest branch in each hill, as well as the total branches per 1 m², was roughly the same. The yield reached a maximum at 35 cm hill-to-hill distance, and then declined at equal to or more than 40 cm in hill-to-hill distance. On the other hand, the percentage of inverted hills reached a maximum (more than roughly 60%) at 40-45 cm of hill-to-hill distance. The difference between the numeric values, with respect to stand numbers, was small in the case of one or two stands.

These results indicate that the plant arrangement most suitable for the digger was 40-45 cm of hill-to-hill distance and one to two stands.