ニホンナシ根圏制御栽培法の収量性と経営改善効果の実証

大谷義夫・石下康仁

摘要:2012~2015 年に根圏制御栽培を改植に導入した3農家のニホンナシほ場で根圏制御栽培の実用性を評価するための現地実証試験を行った. 樹体生育, 果実品質および収量は栃木農試の成績と同等以上で, 栽培技術の実用性が高いと考えられた. 根圏制御栽培導入による農家経営改善効果を検討した. 根圏制御栽培は初期投資が大きいが, 収穫開始が早く早期に多収が得られるため, 所得が導入前の水準に回復するのが早く, その後の累積所得の増加が慣行の地植平棚栽培にくらべ格段に大きかった. このことから, 根圏制御栽培は経営改善効果の高い栽培法であると考えられる.

キーワード:経営効率,経営費,早期多収,盛土式根圏制御栽培法,労働時間

Elucidation of Yield and Management effect of Soil Mound Rhizosphere Restricted Culture System for Japanese Pear

Yoshio OYA, Yasuhito ISHIOROSHI

Summary: From 2012 to 2015, we examined field performance to evaluate the utility of rhizosphere control cultivation in the Japanese pear orchards of three farming families who had introduced a soil mound rhizosphere restricted culture system. Tree growth, fruit quality, and yield were higher than those obtained using similar types of manual cultivation, and therefore it was considered that this cultivation technology has high utility. We examined the management effect of this introduced system. It was revealed that the system was early harvesting and high yielding. Thus, although the initial costs were large, the income recovered to a level comparable to that before introduction of the system. Thereafter, the increase in accumulated income was large in comparison with that obtained using the standard cultivation technique. On the basis of these factors, it is considered that there is a high management improvement effect when using this system.

Key words: Agricultural Management Efficiency, Early High Yield Technique, Management Costs, Soil Mound Rhizosphere Restricted Culture System, Working Time

I 緒言

ニホンナシ (Pyrus.pyrifolia (Burm.f.) Nakai) の主力品種である「幸水」、「豊水」は、赤ナシとして品質の良さが全国的に評価され、2014 年には栽培面積が 7448 ha とニホンナシ全体の約66%を占めている.しかし、栽培面積が急増した1970 年代から40 年以上が経過し、老木化による樹勢低下、萎縮症による樹体の枯死(中村、2005)および紋羽病などの土壌病害(渡辺、1963)の発生により、収量・品質の低下が深刻化し、ニホンナシの収穫量は1970 年代前半の600万トンから2014 年には271万トンと半減している.

収量や所得向上のためには、改植や新植などにより樹の若返りを図るとともに、施設化や新品種の導入、作期や規模の拡大による栽培面積の確保が必要となる.しかし、成園化までには十年程度を要し、数年間は無収益になるとともに、改植園では紋羽病などの土壌病害の発生が懸念され(新田ら、1998)、樹の更新が進んでいない.一方、栃木県のニホンナシ樹齢別栽培面積をみても、樹齢 40 年以上は 40 %を上回り、萎縮病の進行や老木化が進んでいるとともに、改植しても白紋羽病による樹体の枯死が発生し、改植が進んでいない.

そこで、栃木農試では、2008年にニホンナシにおける早期成園化および高品質多収を目的として、遮根シートにより地面と隔離した盛土に苗を植付け、樹齢、生育時期ごとに測定した吸水量・吸肥量に基づき、樹の成長に合わせて設定した養水分管理を行う「なしの盛土式根圏制御栽培法(以下、根圏制御栽培)」(大谷・林、2008)を開発した.

一般に、根域制限栽培は限られた根域で樹体の養水分制御を行う栽培技術であり、積極的に栽培環境を調節できることから、ウンシュウミカン(松本ら、2006;澤野ら、1998、2001)、ブドウ(今井、1991;寺門・江橋、2005)、オウトウ(古山ら、2005)、イチジク(本美ら、1994;鎌田・安間、2004)、モモ(本美ら、1995;松波ら、2001)、カキ(蒲生・文室、2001)など、多くの樹種で高品質果実生産や早期収穫のための研究が行われてきたが、実用化されているのは一部の樹種のみである。

根域制限栽培の特徴としては、水分ストレスや根量の減少によって樹勢が落ち着き、花芽の着生は促進されるが、培地が少量であったり適正な水分管理を行わないと果実肥大が抑制される(澤野ら、1998)。また、ポットや木枠などの容器を用いると、根が容器の壁面に沿ってびっしりと張った状態、いわゆる「根巻き」やポット内が根で充満する「根づまり」が起こり、花芽着生は良好となるが生育が抑制される。

根域制限栽培におけるこれまでの灌水管理は、土壌 pF が高まった場合に一定量の灌水を行う土壌水分追従型の灌 水方法が採用されてきたが、土壌は乾燥と過湿を繰り返し、 樹体や果実生育は安定しなかった。そこで栃木農試では、 ニホンナシにおいて水分ストレスの急激な変動を防ぐため、 詳細な樹体吸水量を解明し、樹が必要とする吸水量を予測 し少量多回数によりこまめに灌水を行う点滴かん水を用いた 樹齢・生育ステージに応じたプログラム灌水方法を確立した。

点滴灌水法による根圏制御栽培は、培地を盛土にすることで滞水による湿害の発生がなく、根詰まり等の防止と細根の発生を促し樹体生育が良好になるとともに、樹形を従来の平棚ではなく立体的なY字仕立てにすることで葉面積指数(LAI)が4程度と大きくなり、乾物生産量が増大した。さらに、コンパクトな樹形にすることで果実への同化産物分配率が43%と高まり、「幸水」の10a換算収量は6.1tと慣行の平棚地植栽培(以下、慣行)の2倍程度の高収量が得られることを明らかにした。果実糖度は慣行よりも0.5~1.0%高く、高品質生産も可能となった。

改植の際に問題となる無収益期間は、新たに開発した「二年成り育成法」により「幸水」で植付け2年目に1.8t,3年目に2.8tと、慣行で十年程度を要する成園並の収量(2.5~3.0t)を早期に得ることを可能とした(大谷,2011).

また, 培土は地面と隔離されているため, 紋羽病等の土壌病害やいや地による樹勢低下の回避も可能である.

このように、根圏制御栽培は、改植の際に課題となる収益性の低下や土壌病害の回避が可能であることから、近年、栃木県のニホンナシ生産者を中心に導入が進み一定の成果を上げてきているが、現地導入農家における規模の大きいは場での導入年次別の収量性や果実品質については明らかになっていない。また、根圏制御栽培を農家経営に導入した場合の経営効果については未検討である。そこで、栃木県の標準的なニホンナシ栽培面積を有する農家において根圏制御栽培の収量性を実証するとともに、経営的な評価について詳細に検討した。

なお、本研究は生研センターが実施する「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 (うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)」で実施した。

Ⅱ 試験方法

試験 1. 樹体特性の把握と早期多収性の評価

試験に供した経営体は、栃木県鹿沼市でニホンナシを経営の主とする農家 3 戸 (A氏, B氏, C氏)で、根圏制御栽培導入前のニホンナシ栽培面積は、それぞれ 180a、146a、180aであった。根圏制御栽培導入前後の品種別の栽培面

第1表 根圏制御栽培導入前後の品種別栽培面積

農家名	導入前後	栽培名		品	種別栽培面	ī積 a		
辰豕石	等八刑该	秋垣石	幸水	豊水	あきづき	にっこり	その他	合計
A氏	導入前	慣行	90	40	10	10	30	180
	導入後	慣行	60	37	5	8	30	140
	等八阪	根圏	20	0	5	2	3	31
B氏	導入前	慣行	68	35	17	16	10	146
	導入後	慣行	46	35	14	16	10	121
	等八阪	根圏	16	0	3	0	2	21
C氏	導入前	慣行	70	35	15	40	20	180
	導入後	慣行	50	25	0	40	20	135
	等八夜	根圏	20	0	18	0	0	38

積を第1表に示した.

試験は2012年3月から2016年3月までの4か年間行い, 供試した品種は「幸水」および「あきづき」で,処理は根 圏制御栽培した根圏区と農家慣行の平棚地植栽培した慣 行区とした.

また, 樹体特性, 収量性や果実品質の比較には, 根圏制御栽培ニホンナシの早期多収の研究成果 (大谷・林, 2008; 大谷, 2011)を一部引用した.

根圏区は、2012年3月にニホンヤマナシ(Pyrus. pyrifolia var. Pyrifolia)台の1年生苗を、2011年作の収穫後に整備したほ場に移植した。栽培は、一部の肥培管理を除き、なし盛土式根圏制御栽培法(大谷・林、2008)に準じて行い、それぞれの品種で5樹を供した。なお、収量調査には、栽植した全ての樹を供した。

慣行区は,2012年3月時点で,35~40年生樹を各品種3 樹供した. 慣行区は栃木県の標準的な栽培方法であり,地 植え栽培で,主幹長120 cmで定植し,高さ180 cmの平棚に 4 本主枝8本亜主枝として仕立てたものを用いた.

栽植方式は根圏区が樹間 $2.0 \text{ m} \times$ 列間 3.0 m の並木植え、慣行区が $7.2 \text{ m} \times 7.2 \text{ m}$ で、10 a 換算の栽植本数はそれぞれ 167 本および 20 本とした.

施肥は慣行区が栃木県の農作物施肥基準 (栃木県, 2006) に準じ、10 a 当たり成分量で基肥 (前年の11 月に施用) に窒素 15 kg, リン酸 13 kg, 加里 15 kg, 礼肥 (「幸水」収穫後または「あきづき」収穫後)に窒素 5 kg, 加里 3 kg を施用した. 一方, 根圏区は, A氏が基肥として緩効性被覆肥料 (リニア型 100 日タイプ, 窒素 14 %-リン酸 11 %-カリ13 %)を用い、それぞれ窒素成分で 1 年目 5.1 kg/10a (1 樹当たり30 g)、2 年目 8.4 kg/10a (1 樹当たり50 g)、3 年目12.5 kg/10a (1 樹当たり75 g)、4 年目以降16.7 kg/10 a (1 樹当たり100 g)を4 月上旬(催芽期)に施用した. また、礼肥は基肥の1/5 量の窒素・加里成分を収穫直後に施用した. また、B氏とC氏は緩効性被覆肥料と同等になるように液肥(住友液肥1号、住友化学㈱)を調整した. 病虫害防除は栃木県病害虫防除指針に準じて行った.

なお、収量目標は、10a当たり「幸水」で2年目1~2 t,3 年目2 t,4年目3.5 t,果実品質の目標として、Brix糖度を 12 %と設定した. また,「あきづき」は3年目2.5 t,4年目4.0 t,果実品質として,Brix糖度を12 %と設定した.

根圏区の調査として, 葉色は葉緑素計 (SPAD-502, ミノル タ社製)で短果枝果そう葉 10 枚を計測した、果実横径は、 満開後30日に中庸な果実10果をラベリングし,30日間隔で 計測した. 葉数は新梢が停止した7月中旬に果そう葉と新梢 葉に分けて計測し、それぞれ中庸な葉 10 枚の面積を葉面 積計 (LI-3100, LI-COR 社) で測定し1葉面積を求め,葉 数を乗じて樹全体の葉面積(以下, LA)を算出した. 葉面 積指数(以下, LAI) は 1 樹の葉面積に栽植本数を乗じ、 1000 ㎡で除して求めた. 「幸水」および「あきづき」の着果 管理はそれぞれ満開後30日,40日に予備摘果,満開後50 日,60 日に仕上摘果,満開後100日,110日に補正摘果を 行い, 葉果比が概ね2~4年目50程度となるように着果させ た. 果重はすべての果実の平均値を, 果実品質は収穫最盛 期に各樹無作為に 5 果を抽出し、地色をニホンナシの地色 用カラーチャートで測定後、果実を縦断し櫛形の切片2個を 切り取り、皮・果心を除きホモジナイズした後に濾過して得た 果汁の可溶性固形物含量を屈折糖度計 (ACT-1, ATAGO (株)) で測定し, その後酸度(以下, pH)を pH メーター (F-22, HORIBA(株)) で測定した. 硬度は糖度測定用に 切り取った残りの切片を用い、赤道部2か所を貫入部の直径 8 mmの果実硬度計 (MT型,藤原製作所(株)) で測定した. 収量は品種別に収穫した総重量を栽植本数で除して1樹当 たりの収量を求め、さらに10a当たりの栽植本数を乗じて10a 当たりに換算した.

樹体調査として、催芽期に結果枝本数を、落葉期に腋花 芽着生率を調査した.

また, 慣行区の調査は, 結果枝本数, 葉数, 葉面積以外は 根圏区と同様に行った.

試験2. 根圏制御栽培の省力・軽労効果の解析

試験1と同一農家のニホンナシ園で行った.

労働時間調査は、ニホンナシ作業16項目について、実証 農家3戸の慣行区と根圏区で調査した。なおA氏は経営主、 経営主の妻、経営主の後継者とパート2人、B氏は経営主、 経営主の妻とパート2人、C氏は経営主と経営主の母につい て、毎日の項目別作業時間を調査票に記入したものをとりま とめた。

また,作業効率は,主要作業6項目について栃木農試で行い,根圏区は30樹(樹冠割当面積150㎡),慣行区は3樹(樹冠割当面積150㎡)を用い処理数,処理時間および作業姿勢を計測した.

試験3. 根圏制御栽培導入による経営改善効果の解析

試験1と同一農家のニホンナシ園で行った.

経営試算は、実証農家3戸の確定申告データを参考に農業経営診断指標(栃木県、2014)の調査項目に準じて試算した. なお、収益は1. による「幸水」および「あきづき」の収量のほか、品種別の出荷量を調査し、各年度の管轄農業協同組合の市場出荷における品種別の平均単価を乗じて販売金額を算出した.

Ⅲ 結 果

試験 1. 樹体特性の把握と早期多収性の評価

1) 「幸水」の収量性・果実品質の評価

「幸水」果実横径の推移を第2表に示した.根圏区の果実横径は、3,4年目とも慣行区と同程度で推移したが、収穫時は大きかった.また農試との比較では、3,4年目とも慣行区に比べ満開後90日まで小さく推移したが、収穫時は大きかった.

第2表「幸水」果実横径の推移

移植後	処理区		果実横征	圣 mm	
年次	处理区	満開後30日	60日	90日	収穫時
3年目	根圏区	18.1	36.1	63.6	97.2
	慣行区	20.0	36.9	63.1	91.4
	有意性	*	ns	ns	*
4年目	根圏区	21.9	38.5	68.6	92.8
	慣行区	22.2	37.1	66.6	94.7
	有意性	ns	ns	ns	ns

注1.データは3氏の平均値

注2.有意性の*は5%水準で有意. nsは有意差なし

「幸水」の樹体生育を第3表に示した. 根圏区の葉色は、慣行区と比較して同程度で推移した(第3表). 結果枝数は根圏マニュアル(大谷・林,2008)よりも少なく、新梢葉率もやや少なく、短果枝が多く配置された. 葉数, LA および LAIは、結果枝数が少なかったため農試よりも小さい値であった. 予備枝の腋花芽着生率は、根圏区が慣行区よりも高く、花芽着生が良好であった.

果実品質および収量について、第 4 表に示した. 農家別にみると、A氏の根圏区は 2 年目の夏期管理を強めに実施し、結果枝本数が少なかったことや大玉生産を目標にしていたため、着果数を少なく葉果比を高めに着果管理した. このため、果重は3、4 年目とも 400 gを上回り大玉生産ができた. 果実品質は3 戸平均と同程度であった. 反収は3 年目 1.8 t、4 年目 3.6 tとほかの 2 氏よりも低かったが、4 年目には慣行区を 24 %上回った.

B氏も大玉生産を目標に葉果比を高めに管理したため、 果重は3,4年目の平均で400gを上回った.糖度は4年目 に 13.0 %と慣行区を大きく上回った. 反収は 3 年目 2.5 t, 4 年目 3.5 tと目標値と同程度であった.

C氏は系統出荷が中心のため、収量向上を目的に着果管理したために、葉果比が40程度とやや小さめとなった。このため、果重は365g程度と慣行区と同程度であった。糖度は2年とも慣行を1%程度上回り高品質であった。反収は3年目2.5t,4年目3.9tと目標値と同程度から上回り早期多収であった。

これら3氏のデータから、収量・果実品質について整理すると、根圏区の3年目は、㎡当たり着果数が5.5果と慣行区(成木)よりも少なかった。葉果比は53で、果重は406gと慣行区よりも大きかった。糖度は慣行区同等から0.5%高かった。果実硬度、pHに差はなかった。1樹当たりの収量は13.5㎏で慣行区(成木)より小さかったが、反収は2.3 tと慣行区と同等となり、根圏移植後3年目に慣行区(成園)並の収量が得られた。

根圏区の4年目は、㎡当たり着果数が9.4果と慣行区よりも多かった。葉果比は48、果重は393gで慣行区並であった。糖度は12.7%で慣行区よりも1.4%高く高品質であった。 果実硬度、pHに差はなかった.1樹当たりの収量は21.9kg、反収は3.7 tと慣行区の2.2 tより1.7倍の収量性を示し、早期多収が図られた。

なお、慣行区おいて、3年目 (2014年)の果実糖度が慣行区並から 0.5 %高い程度であったため、3氏の根圏区とも4年目 (2015年) は糖度向上を目的に満開後 91~105日の日灌水量を半減させた.このため、果実糖度が高まったが、B氏園では果実生育後半の肥大がやや劣る結果となった.

2) 「あきづき」の収量性・果実品質の評価

「あきづき」の樹体生育を第5表に示した.根圏区の葉色は、生育が進むにしたがい高くなった.根圏区「あきづき」は「幸水」よりも樹勢が強く新梢発生が多かったため、結果枝数は3年目15.4本、4年目20.1本と根圏マニュアル(大谷・林、2008)よりも多く、新梢葉率も同程度と高かった.

果実品質および収量について第6表に示した. 農家別に比較すると, A氏は2年目の夏期管理を強めに実施し, 結果枝本数が少なかったことや大玉生産を目標にしているため, 着果数を少なく葉果比を高めに着果管理した. このため, 果重は3年目601 gと大玉生産ができた. 果実糖度は2年間とも12.5 %を上回り高糖度であった. 反収は3年目2.5 t, 4年目3.9 tと順調に増加した.

B氏も大玉生産を目標に葉果比を高めに管理したため、 果重は 3 年目 607 gと大玉であった. 糖度は 3 年目に 12.9 %と慣行を大きく上回った. 反収は3年目3.5 t,4年目

第3表 幸水の樹体生育の比較

210 - 24	1 . 3 2-3		,	. 124								
移植後年次	処理区	葉色	,(SPA	D値)	結果 枝数	新梢 葉率	葉数	LA	LAI	着果数	葉果比	———— 腋花芽
		30日	60日	90日	本/樹	%	枚/樹	mੈ/樹	m³/m³	果/樹	枚/果	着生率(%)
3年目	根圏区	50.6	53.1	53.7	13.3	42.0	1,667	11.9	2.0	33	53	46.3
	慣行区	49.8	51.8	52.8	_	-	_	_	-	342	_	16.7
	有意性	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	**	-	**
4年目	根圏区	50.7	52.4	52.5	14.7	33.3	2,624	19.3	3.2	56	48	45.6
	慣行区	50.9	51.8	51.9	-	_	_	-	-	257	-	16.9
	有意性	ns	ns	ns	_	_	_	_	_	**	_	**

注1.データは3氏の平均値

注2.有意性の**は1%水準で有意. nsは有意差なし

第4表「幸水」果実品質および収量の比較

		移植後	着果数	葉果比	果重	糖度	硬度	рΗ	収量	反収
農家名	処理区	年次	用水奴 果/㎡	枚/果	ж≖ g	%Brix	lbs	рп	kg/樹	t/10a
A氏	根圏区	3年目	4.3	61	406	11.0	4.2	5.3	10.6	1.8
		4年目	8.0	55	447	12.4	4.4	5.0	21.5	3.6
	慣行区	3年目	7.5	_	382	10.7	4.0	5.2	143.6	2.9
		4年目	6.8	-	429	11.1	4.3	4.9	146.8	2.9
B氏	根圏区	3年目	5.5	59	443	10.8	4.7	5.4	14.8	2.5
		4年目	9.4	47	371	13.0	4.3	5.0	20.8	3.5
	慣行区	3年目	5.9	-	360	10.8	4.8	5.3	106.8	2.1
		4年目	3.6	-	422	11.6	4.2	4.9	75.1	1.9
C氏	根圏区	3年目	6.8	39	368	11.3	4.1	5.3	15.2	2.5
		4年目	10.9	41	362	12.6	4.1	5.2	23.5	3.9
	慣行区	3年目	7.0	-	373	10.1	3.9	5.3	131.2	2.6
		4年目	5.0	-	377	11.2	4.2	5.2	95.0	1.9
	3年目	根圏区	5.6	53	406	11.0	4.3	5.3	13.5	2.3
		慣行区	6.8	-	372	10.5	4.2	5.3	127.2	2.5
		有意性 ^z	ns	-	ns	ns	ns	ns	**	ns
	4年目	根圏区	9.4	48	393	12.7	4.3	5.1	21.9	3.7
		慣行区	5.1	_	409	11.3	4.2	5.0	105.6	2.2
	. 1 - 1 - 1 - 1 - 1	有意性 ^z	*	-	ns	**	ns	ns	**	**

注.有意性の**は1%, *は5%水準で有意. nsは有意差なし

第5表「あきづき」樹体生育の比較

71. 0 20	- 07 0	- 1 [4] [7	<u> </u>	72072								
移植後 年次	処理区	葉色	E(SPAI	D値)	結果 枝数	新梢 葉率	葉数	LA	LAI	着果数	葉果比	腋花芽
十久		60日	90日	120日	本/樹	%	枚/樹	mੈ/樹	m^2/m^2	果/樹	枚/果	着生率 %
3年目	根圏区	50.4	53.5	54.9	15.4	50.3	2,519	12.8	2.1	41	70	35.1
	慣行区	_	_	_	_	_	_	_	-	244	_	23.3
	有意性	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-	*
4年目	根圏区	50.6	52.7	54.6	20.1	44.3	3,111	23.5	3.9	56	55	19.0
	慣行区	_	_	_	_	_	_	_	_	127	_	7.9
	有意性	-	-	-	-	-	-	-	-	**	-	**

注1.データは3氏の平均値

注2.有意性の**は1%, *は5%水準で有意. nsは有意差なし

第6表「あきづき」果実品質および収量の比較

	70 - 0 1/1	171H17C00		** ***								
農家名	処理区	移植後	着果数	葉果比	果重	糖度	硬度	рΗ	果肉障害	芯腐れ	収量	反収
辰 外 石	处理区	年次	果/mឺ	枚/果	g	%Brix	lbs		発生率 %	発生率 %	kg/樹	t/10a
A氏	根圏区	3年目	4.2	101	601	12.7	4.0	4.7	0.0	13.3	15.0	2.5
		4年目	8.7	64	443	12.6	3.9	4.5	0.3	0.0	23.2	3.9
	慣行区	3年目	5.3	_	537	11.8	4.0	4.7	0.0	40.0	143.6	2.0
		4年目	2.3		556	10.9	4.1	4.7	0.0	0.1	65.1	2.6
B氏	根圏区	3年目	8.0	53	607	12.9	4.0	4.8	0.0	0.0	28.8	4.8
		4年目	9.7	57	467	11.9	4.1	4.5	0.1	0.1	27.2	4.5
	慣行区	3年目	3.8	_	568	11.7	4.1	4.6	0.0	0.0	106.8	3.5
		4年目	2.9	_	590	11.4	4.3	4.6	0.0	0.0	86.7	3.5
C氏	根圏区	3年目	8.4	55	466	12.5	3.7	4.6	0.0	54.1	23.4	3.9
		4年目	9.9	45	426	11.5	4.0	4.7	0.0	0.1	24.9	4.2
	慣行区	3年目	5.5	_	476	12.6	3.8	4.9	1.6	0.0	131.2	1.8
		4年目	2.4		394	10.3	4.1	4.7	0.0	0.0	46.5	1.9
	3年目	根圏区	6.8	70	558	12.7	3.9	4.7	0.0	22.5	22.4	3.7
		慣行区	4.9	_	527	12.0	4.0	4.7	0.5	13.3	127.2	2.4
		有意性	ns	-	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**
<u> </u>	4年目	根圏区	9.4	55	445	12.0	4.0	4.6	0.1	0.1	25.1	4.2
		慣行区	2.5	_	513	10.9	4.2	4.7	0.0	0.0	66.1	2.7
		有意性	*	-	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**

注.有意性の**は1%, *は5%水準で有意. nsは有意差なし

3.9 tと早期多収が図られた.

C氏は全量系統出荷のため、収量向上を目的に着果管理したため、葉果比が50程度と他の2氏より低かった.このため果重は446gと慣行区と同程度であった.糖度は2年とも慣行を1%程度上回り高品質であった.反収は3年目3.9t,4年目4.2tと早期多収が図られた.

これらの結果から、3 氏の収量・果実品質について整理すると、根圏区の3 年目は、㎡当たり着果数が6.8 果で葉果比が70であったため、果重は552 gと慣行区よりも大きかった. 糖度は12.7 %で慣行区よりも0.7 %高かった. 硬度、pHに処理間の差はなかった. 1 樹当たりの収量は22.4 kg,反収は3.7 tと慣行区である平棚地植栽培の成園2.4 tの1.5 倍であり、3 年目には慣行成園並以上の収量が得られた.

根圏区の 4 年目は、㎡当たり着果数が 9.4 果、葉果比が 55 であった. しかし、果重は 445 gと3 年目より劣ったが慣行 区と有意差はなかった. 糖度は 12.0 %と慣行区よりも 1.7 %高く高品質であった. 硬度、 pH に処理間の差はなかった. 1 樹当たりの収量は 25.1 kg、反収は 4.2 tと慣行区 2.7 tの 1.6 倍と多収となり、早期多収が図られた.

試験2. 根圏制御栽培の省力・軽労効果の解析

1) 根圏制御栽培法の作業類型別労働時間

慣行区と比較した根圏区の作業類型別労働時間を第7~9 表および第1図に示した.

(1) A氏(4年目)

A氏は50代後半の経営主で、妻と大学を卒業し栃木農試で研修したあと就農した後継者と農繁期のパートで管理作業を行った.ニホンナシ 180 aの他、水稲と野菜の複合経営だが、経営の主はニホンナシであった.10a 当たりの投下労働時間は、慣行区(平棚地植の成木)が234.6時間、樹形が完成した4年目の根圏区が164.4時間で、根圏区が30%少なかった.基幹作業の着果管理、収穫管理、剪定・誘引管理の労働時間をくらべると、慣行区がそれぞれ71、55、50時間であるのに対し、根圏区が47、24、40時間と全ての作業で根圏区が少なく、結果枝が多く多着果であるにもかかわらず作業時間の削減が図られた.

(2) B氏(4年目)

B氏は 50 代半ばの経営主で、妻と農繁期のパートで管理作業を行った. ニホンナシ 146 aの他、水稲と他産業に従事する複合経営だが、経営の主はニホンナシである. 10a 当たりの投下労働時間は、慣行区(平棚地植の成木)が 224.4 時間、樹形が完成した 4 年目の根圏区が 215.3 時間で、根圏区が 4 %少なかった. 基幹作業の着果管理、収穫管理、剪定・誘引管理の労働時間をくらべると、慣行区がそれぞれ 65,76,40 時間であるのに対し、根圏区が 68,51,60 時間で剪

定・誘引作業のみ根圏区で作業時間が多くなった. 誘引の際に結束機を使用していないため誘引時間が増加した.

(3) C氏(4年目)

C氏は50代前半の経営主で、母と農繁期のパートで管理作業を行った。ニホンナシ180 aの果樹専業農家である。10a 当たりの投下労働時間は、慣行区(平棚地植の成木)が174.5 時間、樹形が完成した4年目の根圏区が150.9 時間で、根圏区が14%少なかった。基幹作業の着果管理、収穫管理、剪定・誘引管理の労働時間をくらべると、慣行区がそれぞれ41,37,66時間であるのに対し、根圏区が46,32,43時間で慣行区並から少ない労働時間であった。樹形が単純なこと、誘引の際に結束機を使用したため誘引時間が減少した。結果枝が多く多着果であるにもかかわらず作業時間の削減が図られた。

第10表と第1図に栃木農試の成木での労働時間の比較を行った.10a 当たりの投下労働時間は、慣行区(平棚地植の成木)が194.4 時間で県で作成している経営診断指標(250 aのニホンナシ経営での数値)と同程度であった.成木となった移植8年目の根圏区は154.1 時間で、慣行区より21%少なかった. 基幹作業の着果管理、収穫管理、剪定・誘引管理の労働時間をくらべると、慣行区がそれぞれ44、22、70時間であるのに対し、根圏区が54、30、44時間で、根圏区は着果数が2倍程度のため着果管理時間が増加した.収穫管理の差は小さかったが、剪定・誘引管理は、慣行区の結果枝間隔40㎝に対し根圏区25㎝と結果枝数が多いにもかかわらず4割程度労働時間が削減された.

2) 作業別の処理数, 歩数, 処理時間, 作業効率および作業姿勢の評価

基幹管理である予備摘果,新梢管理,新梢誘引,収穫,冬期剪定および冬期誘引作業における処理数,作業時間を第11表に示した.予備摘果について,根圏区の処理数,処理時間は慣行区の1.8~2.0 倍と多かったが,移動時間は13%と少なかった.予備摘果時間は根圏区27.9 時間に対し慣行区25.6 時間と根圏区の方が8%程度多かったが,作業効率(1分間当たりの作業数)は根圏区が24%高かった.根圏区は,結果枝が平行に配置されており作業ミスが少ないことや,樹が並木植となっているため直線的な作業ができるため,作業効率が優れると考えられた.同様に,根圏区は新梢管理1.98倍,新梢誘引2.61倍,収穫0.09倍,冬期剪定2.54倍,冬期誘引2.95倍作業効率が優れた.

作業姿勢について、慣行区は平棚栽培であるため、上向きの作業が 90%程度と多く、常に上向きの作業であった。また、2時間継続での脈拍が根圏区より10%程度高く推移した(データ略). 一方、根圏区はY字樹形であり、作業が腰から

第7表 根圏制御栽培における単位面積当たりの投下労働時間 (A氏:根圏 31a, 点滴灌水法·BB 肥料手散布)

	_		(2012年)		2013年)		(2014年)		(2015年)	
A氏	地植(成木)		(点滴)		(点滴)		(点滴)		图(点滴)	
作業名	10a換算(121a)	10a換:	算(167樹)	10a換算	拿(167樹)	10a換算	算(167樹)	10a換:	算(167樹)	
	時間	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%	
摘蕾	12.1	0.0	0	2.8	24	14.6	121	16.5	136	労働力(hr)
人工受粉	4.0	0.0	0	1.8	47	6.0	151	5.5	139	<慣行(地植)>
予備摘果	47.0	0.0	0	5.8	12	11.1	24	18.7	40	経営主:1312h
新梢管理	11.3	2.8	25	8.0	71	7.5	67	5.2	46	妻 : 574hr
仕上摘果	5.0	0.0	0	0.5	10	1.9	38	1.8	36	長男 : 1046hr
新梢誘引	9.2	4.0	43	8.0	87	6.1	67	4.3	46	パート: 353hr
補正摘果	3.1	0.0	0	0.2	7	2.0	65	4.1	134	〈根圏〉
収穫	40.5	0.0	0	5.9	15	9.8	24	17.3	43	へ低圏/ 経営主: 112hr
選別	14.8	2.0	14	2.0	14	3.4	23	6.8	46	
施肥	1.7	1.0	58	8.0	467	9.3	540	13.3	773	妻 : 28hr
剪定	18.2	7.0	39	18.0	99	16.1	89	14.1	77	長男 : 370hr
誘引	32.1	18.0	56	26.0	81	22.8	71	26.2	81	パート: 8hr
土壌管理	2.5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	
草刈り	5.2	0.0	0	0.2	3	8.3	158	5.0	96	
病害虫防除	4.1	1.8	44	5.0	123	4.4	107	3.8	92	
その他	24.0	0.0	0			8.5	35	22.0	92	
合計	234 6	36.6	16	92.2	39	131 6	56	1644	70	

<u>合計 234.6 36.6 16 92</u> 注.1~4年目の施肥は、粒状肥料を催芽期および収穫後に施用した。

第8表 根圏制御栽培における単位面積当たりの投下労働時間

(B氏:根圏 21a, 点滴灌水法・液肥利用)

	_	1年目(2	2012年)	2年目(2013年)	3年目	(2014年)	4年目	(2015年)
B氏	地植(成木)	根圏((点滴)	根圏	(点滴)	根圏	(点滴)	根圏	(点滴)
作業名	10a換算(121a)	10a換算	〔(167樹)	10a換算	其(167樹)	10a換	算(167樹)	10a换匀	算(167樹)
	時間	時間	也植成木比%	時間:	地植成木比%	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%
摘蕾	4.7	0.0	0	2.8	60	8.7	185	7.2	153
人工受粉	4.4	0.0	0	1.8	42	8.2	187	6.2	142
予備摘果	40.0	0.0	0	5.8	14	26.1	65	44.9	112
新梢管理	6.1	2.8	46	12.2	200	14.5	238	4.8	79
仕上摘果	9.4	0.0	0	0.5	5	5.4	58	8.4	90
新梢誘引	5.0	20.4	409	34.0	682	11.9	238	4.0	79
補正摘果	6.0	0.0	0	0.2	3	0.0	0	1.2	20
収穫	44.5	0.0	0	5.9	13	20.0	45	27.3	61
選別	31.1	2.0	6	2.0	6	17.2	55	24.1	78
施肥	1.7	1.0	58	0.5	29	8.0	46	8.0	46
剪定	17.8	15.5	87	19.5	110	24.4	137	21.6	122
誘引	22.6	31.0	137	39.0	173	47.2	209	38.2	169
土壌管理	2.6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
草刈り(除草剤)	3.2	0.0	0	0.2	5	1.6	50	0.0	0
病害虫防除	3.1	1.8	59	1.8	59	6.0	196	6.6	216
<u>その他</u>	22.3 0.0 0				7.2	32	20.0	90	
合計	224.4	74.5	33	126.2	56	199.2	89	215.3	96

注.1~4年目の施肥は、液肥混入機で2週間に1回程度投入した。

第9表 根圏制御栽培における単位面積当たりの投下労働時間 (C氏: 根圏 38a, 点滴灌水法・液肥利用)

		1 / 1-1-1		2年目	(2013年)	3年目	(2014年)	4年目	(2015年)
C氏	地植(成木)	根圏(点	(滴+底面)	根圏(点	(滴+底面)	根圏(点	(滴+底面)	根匿	(点滴)
作業名	 10a換算(140a)	10a換	算(167樹)	10a換	算(167樹)	10a換	算(167樹)	10a換氯	算(167樹)
	時間	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%	時間	地植成木比%
摘蕾	0.1	0.0	0	0.0	0	14.6	14,625	2.4	2,444
人工受粉	3.8	0.0	0	0.0	0	6.0	158	1.3	35
予備摘果	29.6	0.0	0	20.0	68	11.1	38	31.7	107
新梢管理	0.1	2.8	2,800	4.0	4,000	7.5	7,494	2.9	2,933
仕上摘果	5.3	0.0	0	0.5	9	1.9	35	9.0	169
新梢誘引	0.1	3.0	3,000	3.0	3,000	6.1	6,131	2.4	2,400
補正摘果	2.9	0.0	0	3.0	105	2.0	70	1.8	62
収穫	28.0	0.0	0	16.0	57	9.8	35	24.9	89
選別	8.5	0.0	0	8.0	94	3.4	40	7.3	86
施肥	1.1	0.5	44	0.5	44	9.3	809	0.7	58
剪定	53.5	9.0	17	19.5	36	16.1	30	29.3	55
誘引	12.2	9.0	74	17.0	139	22.8	187	13.8	113
土壌管理	3.0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0
草刈り	3.1	0.0	0	0.2	6	8.3	263	4.4	141
病害虫防除	4.4	4.0 90		8.0	181	4.4	99	6.0	136
<u>その他</u>	18.6	0.0 0			_	8.5	46	12.9	69
合計	174.5	28.3	16	99.7	57	131.6	75	150.9	86

 合計
 174.5
 28.3
 16
 99.7
 57
 131.6
 75

 注.1~4年目の施肥は、液肥混入機で2週間に1回程度投入した。

労働力(hr) <慣行(地植)> 経営主: 1050hr 妻 : 1107hr パート: 558hr <根圏> 経営主: 312hr 妻 : 127hr パート: 114hr

労働力(hr) <慣行(地植)> 経営主:1005hr 母: 824hr <根圏> 経営主: 293hr 母 : 386hr

第 10 表 根圏制御栽培における単位面積当たりの投下労働時間 (栃木農試: 根圏 10a. 点滴灌水法・液肥利用)

	県指標	栃木鳥	農試調査	<u> </u>
栃木農試	経営診断指標	地植幸水	根圏制	御(点滴)
	10a換算	10a換算(20樹)	10a換算	拿(200樹)
	時間	時間	時間	地植成木比%
摘蕾	4.5	15.2	13.7	90
人工受粉	8.0	10.3	8.9	86
予備摘果	25.6	16.7	27.9	167
新梢管理	4.8	16.1	8.3	52
仕上摘果	6.0	1.8	2.4	130
新梢誘引	4.5	20.0	13.4	67
補正摘果	4.0	0.4	1.0	277
収穫(選果含まず)	45.0	18.3	28.3	155
施肥(基肥)	4.5	3.9	2.2	57
施肥(礼肥)	1.5	1.4	8.0	60
剪定 誘引	47.5	70.0	44.4	63
土壌管理	7.4	8.3	0.0	0
草刈り(除草剤)	4.7	4.0	0.8	21
病害虫防除	8.0	8.0	1.8	22
<u>その他</u>	14.5			
	190.6	194.4	154.1	79

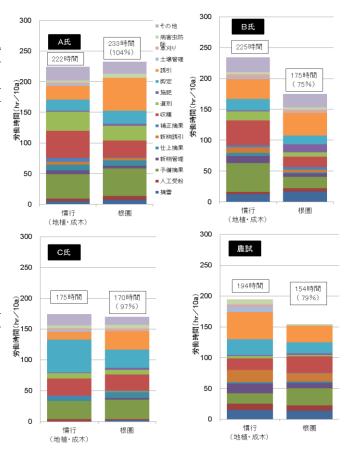
注1. 経営診断指標は250a当りの数値を、10a当りに換算した。 注2.1~4年目の施肥は、液肥混入機で2週間に1回程度投入した。

ら目の高さくらいの作業が多いため、上向き作業が 10 %と 少なく、労働負荷が少なかった.

これらから,新梢管理,冬季剪定・誘引など,慣行区では 樹勢や枝のバランスを考える必要があり効率が悪いが,根圏 区では結果枝が単純な配置で作業が直線的にできることな どから,作業全体の作業効率(1分間当たりの処理数)は, 根圏区が慣行区の153%と高くなり,作業効率のよい樹形 であることが明らかとなった.

3. 根圏制御栽培導入による経営改善効果の解析

第2図に実証農家3戸の移植1年目からの10a換算収量を示した. 根圏制御栽培の目標収量(167本/10a)を2年目1~2t,3年目2.0t,4年目3.5tと設定した. 慣行区は成園のデータを使用したため,参考として年次別データは栃木農試で調査した平棚地植栽培で計画的密植栽培(80本



第1図 慣行成木と根圏制御栽培法成木(移植4年目)の 労働時間の比較

/10a 植え)を用いた(大谷、2011). 収穫開始は4年目で0.4 t/10a であった. 実証農家での結果は 2 年目 $1.0\sim1.7$ t, 3 年目 $2.1\sim2.3$ t, 4 年目 $3.9\sim4.0$ tと概ね目標に達した. これらのデータと確定申告データより経営改善効果を解析した結果を第 $12\sim14$ 表および第 3 図に示した.

1) 4年目の収益性(A氏:180a⇒根圏 31a 導入の場合)

(1) 収益

根圏制御栽培導入4年目で着果数が増え,果実販売収

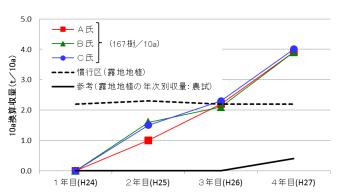
第 11 表 作業別の処理時間,作業効率と作業姿勢(10a 換算)

		処理数	処理時間	歩数	作業移動距離	惟作業科	動時間	作業効率	腕の高さ	別の作業時間	割合 %
		数	時間	歩	km	睛	間	数/分	下方向	斜め上方	上向き
		× 10 ³		× 10 ³							<u>.</u>
予備摘果	根圏	48.0 (205%)	27.6 (184%)	2.8	8.0	0.2	(13%)	28.7 (124%)	37	58	5
	慣行	23.4	15.0	13.2	3.9	1.8		23.2	0	9	91
新梢管理	根圏	8.0 (102%)	8.0 (53%)	4.4	1.3	0.4	(31%)	15.9 (198%)	44	49	7
	慣行	7.8	15.0	8.4	2.5	1.2		8.1	0	8	92
新梢誘引	根圏	3.5 (175%)	12.9 (68%)	5.2	1.6	0.4	(56%)	4.4 (261%)	58	36	6
	慣行	2.0	19.1	5.6	1.7	0.8		1.7	0	8	92
収 穫	根圏	16.0 (168%)	27.1 (162%)	6.8	2.0	1.1	(71%)	9.4 (109%)	32	63	5
	慣行	9.5	16.7	11.5	3.4	1.6		8.7	0	3	97
冬期剪定	根圏	8.5 (175%)	17.5 (74%)	5.6	1.7	0.5	(21%)	7.9 (254%)	56	35	9
	慣行	4.9	23.8	16.3	4.9	2.3		3.1	0	9	91
冬期誘引	根圏	8.0 (177%)	26.0 (64%)	5.2	1.6	0.4	(14%)	5.0 (295%)	39	51	10
	慣行	4.5	40.7	23.0	6.9	3.2		1.7	0	10	90
合計	根圏		119.1 (91%)	30.0	9.0	3.1	(28%)	平均 11.9(153%)		<u> </u>	
	慣行		130.3	78.0	23.4	10.8		7.8			

注1.移動距離は歩数×歩幅(0.3m)として算出した。

注2.下方向は水平から下方向, 斜め上向きは水平から45度上方向, 上向きは45度から背面方向とした.

注3.(%)は慣行に対する根圏の割合



第2図 根圏制御栽培の10a 換算収量の推移

入は416万円 (10a 換算 134万円),経費は105万円 (同34万円),所得は311万円 (同100万円)と増加した.同様に慣行区 (露地栽培)は、収入987万円 (同70万前円),経費647万円 (同46万円),所得340万円 (同24万円)となった.根圏区と慣行区を合わせた収入は1403万円(同82万円),所得は652万円 (同38万円)となり、導入前と比較して、収入が112%、所得が157%と経営改善効果が現れた.

(2) 経営全体の推移

経営全体でみると, 導入前の収入は, 1248 万円であった. 移植 1 年目は 40 a 分を根圏制御栽培に切り替えたため, 地植栽培 40 a 分の収入減となり, 導入前比 76 %であった. A 氏は夏期の新梢管理が強めであったため, 結果枝数, 着果数が少なく経過し, 2 年目は, 根圏制御栽培の収入が得られたが導入前比 76 %であった. 導入 3 年目では根圏制御栽培 31 a 分の収入が増えたが, 89 %と導入前の収入には回復しなかった. 樹形が完成した 4 年目は根圏制御栽培の収量が増加し, 収入が 112 %, 所得が 157 %と大幅に経営が改善された.

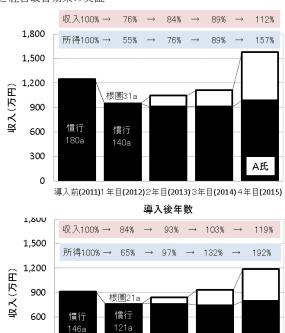
このデータから試算からすると,導入5年目には根圏制御 栽培の収入増により,収入1579万円(導入前比126%), 所得783万円(同188%)とさらに経営改善が図られると 想定される.

2) B氏 (146 a→根圏 21 a 導入の場合)

(1) 収益

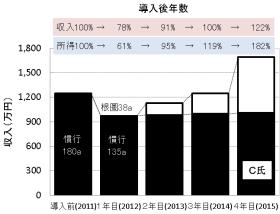
根圏制御栽培導入 4 年目で着果数が増え, 果実販売収入は 286 万円 (10 a 換算 136 万円), 経費は 72 万円 (同 34 万円), 所得は 214 万円 (同 102 万円) と増加した.

同様に慣行区(露地栽培)は,収入796万円(同65万円),経費559万円(同46万円),所得237万円(同20万円)となった.根圏区と慣行区を合わせた収入は1082万円(同77万円),所得は451万円(同32万円)となり,導入前と比較して,収入が119%,所得が192%と経営改善効



導入前(2011)1年目(2012)2年目(2013)3年目(2014)4年目(2015)

B氏



導入前(2011)1 年目(2012)2年目(2013)3年目(2014)4年目(2015 導入後年数

第3図 根圏制御栽培導入前後の収入・所得の推移

果が現れた.

(2) 経営全体の推移

300

0

経営全体でみると,導入前の収入は,910万円であった.移植1年目は25 a 分を根圏制御栽培に切り替えたため,地植栽培25 a 分の収入減となり,導入前比84%であった.2年目は,根圏制御栽培の収入が得られたが導入前比93%であった.導入3年目では根圏制御栽培21 a 分の収入が増え,103%と導入前の収入には回復した.樹形が完成した4年目は根圏制御栽培の収量がさらに増加し,収入が119%,所得が192%と大幅に経営が改善された.

このデータから試算すると,導入 5 年目には根圏制御栽培の収入増により,収入 1224 万円 (導入前比 134 %),所得 593 万円 (同 253 %)とさらに経営改善が図られると想定される.

第 12 表 根圏制御栽培法導入前後の経営収支(A氏):ニホンナシ 180a→H24 春に根圏 31a の根圏導入

		(20	11年):地植1	20-		(20	15年)):地植14	10-	(2015	生). 占	滴31a(4	(年日)			導入前(2011)	1年日(2012)	0年日(2012)	2年日(2014)	4年日(2015)
	氏	(20	1114): 地他 [Bua		(20	115年)	:地恒1	40a	(2015	年): 从	油31a(4	+年日/			學人削(2011)	1年日(2012)	2年日(2013)	3年日(2014)	4年日(2015)
-	.24	面積	収量	単価	金額		面積	収量	単価	金額	面積	収量	単価	金額	栽培	地植	180	140	140	140	140
項目	品種	а	t	円/kg	万円		а	t	円/kg	万円	а	t	円/kg	万円	面積 a	根圏		31	31	31	31
収入	なつしずく	0	0	361	0		0	0.0	370	0	0	0.0	370	0	地植	収入計	1,248	949	909	910	987
	幸水	90	21	336	702		60	13.8	370	511	20	7.3	370	270		流動費	631	491	491	491	491
	豊水	40	8	281	225		37	7.3	265	195	0	0.1	265	3		固定費	201	156	156	156	156
	あきづき	10	2	264	53		5	1.1	307	33	5	1.8	307	54	根圏	収入計	-	-	137	202	416
	かおり	2	0	350	17	7	2	0.5	400	19	0	0.0	400	0	•	流動費	-	5	11	21	32
	きらり	0	0	300	0	,	0	0.0	300	0	3	1.5	300	46		固定費	-	73	73	73	73
	にっこり	10	3	327	92		8	2.2	337	74	2	1.3	337	44	合計	収入計	1,248	949	1,046	1,112	1,403
	他品種	28	6	288	161		28	5.6	277	155	0	0.0	277	0		流動費	631	491	502	512	522
	収入計	180	40		1,248		140	30.5		987	31	12.0		416		固定費	201	229	229	229	229
経費	流動費	平均	反収		631		平均	反収		491	平均	反収		32	収入	万円	1,248	949	1,046	1,112	1,403
	固定費		2.2		201			2.2		156		3.9		73	導入前比	%	100	76	84	89	112
10a換算	収入				69					71				134	所得	万円	416	229	315	371	652
	経費				46					46				34	導入前比	%	100	55	76	89	157
	所得				23					24				101	※減価償却	費は今回	導入した根圏	の経費で試	算(県単2/	5+国庫分)	

《4年目根圏の所得率60%(うち流動費30%,固定費70%)で試算:経営試算の平均より

第 13 表 根圏制御栽培法導入前後の経営収支(B氏):ニホンナシ 146a→H24 春に根圏 21a の根圏導入

	o EE	(20)11年):地植14	46a		(2015年): 地植121a			21a	(2015	年):点	滴21a(4	4年目)			導入前(2011)	1年目(2012)	2年目(2013)	3年目(2014)	4年目(2015)
BE		面積	収量	単価	金額		面積	収量	単価	金額	面積	収量	単価	金額	栽培	地植	146	121	121	121	121
項目	品種	а	t	円/kg	万円		а	t	円/kg	万円	а	t	円/kg	万円	面積 a	根圏	-	21	21	21	21
収入	なつしずく	0	0.0	361	0		0	0.0	370	0	1	0.2	370	8	地植	収入計	910	763	763	746	796
	幸水	68	11.4	336	384		46	7.8	370	287	16	5.5	370	202		流動費	512	424	424	424	424
	豊水	35	7.0	281	197	\bot	35	7.0	265	186	0	0.0	265	0		固定費	163	135	135	135	135
	あきづき	17	4.8	264	125		14	3.8	307	117	3	1.5	307	46	根圏	収入計	-	-	81	189	286
	かおり	0	0.0	350	0	7	0	0.0	400	0	1	0.8	400	30		流動費	-	4	8	15	22
	きらり	0	0.0	300	0	,	0	0.0	300	0	0	0.0	300	0		固定費	-	50	50	50	50
	にっこり	16	4.5	327	146		16	4.5	337	151	0	0.0	337	0	合計	収入計	910	763	844	935	1,082
	他品種	10	2.0	288	58		10	2.0	277	55	0	0.0	277	0		流動費	512	424	432	439	446
	収入計	146	29.7		910		121	25.1		796	21	7.9		286		固定費	163	185	185	185	185
経費	流動費	平均	反収		512		平均	反収		424	平均	反収		22	収入	万円	910	763	844	935	1,082
	固定費		2.0		163			2.1		135		3.9		50	導入前比	%	100	84	93	103	119
10a換算	収入				62					66				136	所得	万円	235	153	227	310	451
	経費				46					46				34	導入前比	%	100	65	97	132	192
	所得	16					20					102	※減価償却費は今回導入した根圏の経費で試算(県単2/5+国庫分)								

※4年目根圏の所得率60%(うち流動費30%, 固定費70%)で試算:経営試算の平均より

第 14 表 根圏制御栽培法導入前後の経営収支(C氏):ニホンナシ 180a→H24 春に根圏 38a の根圏導入

	· EE	(20	011年):地植18	30a		(2015年):地植135a				(2015年): 点滴32a(4年目)					導入前(2011)	1年目(2012)	2年目(2013)	3年目(2014)	4年目(2015)	
CE		面積	収量	単価	金額		面積	収量	単価	金額	面積	収量	単価	金額	栽培	地植	180	135	135	135	135
項目	品種	а	t	円/kg	万円		а	t	円/kg	万円	а	t	円/kg	万円	面積 a	根圏		32	32	32	32
収入	おりひめ	0	0.0	361	0		0	0.0	370	0	0	0.0	370	0	地植	収入計	1,246	974	984	997	1,008
	幸水	70	14.6	336	489		50	10.5	370	388	20	7.7	370	284		流動費	631	473	473	473	473
	豊水	35	7.0	281	197	\perp	25	5.0	265	133	0	0.0	265	0		固定費	201	151	151	151	151
	あきづき	15	3.0	264	79		0	0.0	307	0	18	7.4	307	227	根圏	収入計	-	-	148	249	511
	かおり	0	0.0	350	0	7	0	0.0	400	0	0	0.0	400	0	-	流動費	-	6	14	31	43
	きらり	0	0.0	300	0	,	0	0.0	300	0	0	0.0	300	0		固定費	-	98	98	98	98
	にっこり	40	11.2	327	366		40	11.2	337	377	0	0.0	337	0	合計	収入計	1,246	974	1,132	1,246	1,519
	他品種	20	4.0	288	115		20	4.0	277	111	0	0.0	277	0		流動費	631	473	487	504	516
	収入計	180	39.8		1,246		135	30.7	0	1,008	38	15.1		511		固定費	201	249	249	249	249
経費	流動費	平均	反収		631		平均	反収		473	平均	友収		43	収入	万円	1,246	974	1,132	1,246	1,519
	固定費		2.2		201			2.3		151		4.0		98	導入前比	%	100	78	91	100	122
10a換算	収入				69					75				264	所得	万円	414	251	395	492	754
	経費				46					46				85	導入前比	%	100	61	95	119	182
	所得	23					28					179			※減価償却費は今回導入した根圏の経費で試算(県単2/5+国庫分)						

※4年目根圏の所得率60%(うち流動費30%, 固定費70%)で試算:経営試算の平均より

3) C氏(180 a→根圏38 a 導入の場合)

(1) 収益

根圏制御栽培導入 4 年目で着果数が増え, 果実販売収入は511万円 (10 a 換算 134万円), 経費は141万円 (同37万円), 所得は370万円 (同97万円) と増加した.

同様に慣行区(露地栽培)は、収入1008万円(同75

万円),経費 624 万円 (同 46 万円),所得 384 万円 (同 28 万円) となった. 根圏区と慣行区を合わせた収入は 1519 万円(同 87 万円),所得は 754 万円(同 44 万円) となり,導入前と比較して,収入が 122 %,所得が 182 %と経営改善効果が現れた.

(2) 経営全体の推移

経営全体でみると,導入前の収入は,1246 万円であった.移植1年目は45 a 分を根圏制御栽培に切り替えたため,地植栽培45 a 分の収入減となり,導入前比78 %であった.2年目は,根圏制御栽培の収入が得られたが導入前比91 %であった.導入3年目では根圏制御栽培38 a 分の収入が増え,100 %と導入前の収入に回復した.樹形が完成した4年目は根圏制御栽培の収量がさらに増加し,収入が122 %,所得が182 %と大幅に経営が改善された.

このデータから試算からすると,導入5年目には根圏制御 栽培の収入増により,収入1694万円(導入前比136%), 所得880万円(同213%)とさらに経営改善が図られると 想定される.

Ⅳ 考察

1. 根圏制御栽培の収量性

根圏制御栽培の現地実証をするため、2012 年から 2015 年までの 4 年間、栃木県鹿沼市で根圏制御栽培を導入した 生産者 3 戸の協力を得て、収量性および経営状況の調査を 行った. 導入した生産者はニホンナシの経営規模が 146~180 aで、ニホンナシ栽培を経営主としている地域でも中核 となる生産者である. ニホンナシは「幸水」、「豊水」 および「にっこり」を基幹品種としている. 萎縮病で生産性が低下し、かつ紋羽病等により樹体の枯死が生じている果樹園で、早期多収を目的に根圏制御栽培を導入した. A氏は 50 代後半の経営主で、妻と大学を卒業後栃木農試で研修したあと就農した後継者でニホンナシを 180 a 経営している. 販売は直売と系統出荷を半々で実施している.

B氏は 50 代半ばの経営主と妻が中心で, 基幹作業にパート2 人を活用し, ニホンナシを 146 a 経営している. 販売は直売と系統出荷を半々で実施している.

C氏は50代前半の経営主と母が中心でニホンナシを180 a 経営している. 販売は全量系統出荷である.

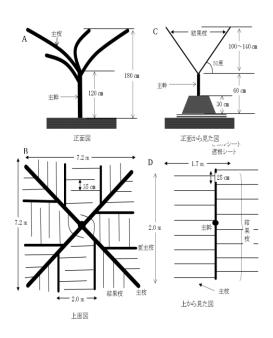
2012 年 3 月に 1 年生苗を盛土に移植した. 樹体生育,着果数,果重・果実品質および収量については農試と同等以上の値を示し,根圏制御栽培の現地適応性は高いと判断できた.しかし,果実糖度は幸水で11.0%~12.5%と慣行区並から1.4%程度高かったものの,年次により農試よりも低かった. 栃木農試の収穫基準は地色2.5~3.0程度で適熟果を収穫しているのに対し,現地では収穫から選果,市場流通,小売店を経て初めて消費者の手に渡るため,地色1.5~2.0程度のやや未熟の果実を収穫する. 地色および糖度は熟度が進むほど高くなる(吉岡,1983)ため,地色が大きくなるほど糖度は高くなる.実際,地色1.5時点での糖度12%の果実は,地色が2.5まで進むと12.5~13.0%程度まで上昇する

(データ省略).このことが、実証農家で年次により糖度が低い原因の一つであると考えられる.直接消費者が購入する直売を販売形態とする場合は、栃木農試の基準での収穫を期待する.

栃木農試で実績のなかった「あきづき」についても、収量性を確認することができ、「幸水」同様に移植4年目には慣行成園を超える収量が得られることが明らかとなった。また、栃木農試が育成した「おりひめ(三坂ら、2015)」では4年目に10 a 換算で3 t程度、「にっこり」で7 t程度、「かおり」でも6 t程度と慣行成園を上回る収量性が確認でき、根圏制御栽培の早期多収性が実証できた(未発表)。

B氏「あきづき」の果重は、3年目607 gであったが、4年目は443 gとやや小さく、収量は3年目4.8 t/10aであったが4年目は4.5 t/10aと増加しなかった。葉果比は両年とも50枚/果程度と同程度であった. 貯蔵養分の判断基準は難しいが、樹形が完成する前の3年目に着果負担をかけ多収を得ることは可能であるが、その反面、貯蔵養分の蓄積が少なくなり次年度の初期肥大に影響したと考えられる。このことから、収量を上げるために着果数を増やすことで葉果比が極端に低くならなければ当年の収量は増加するが、次年度の初期生育への影響が懸念される。特に、根圏制御栽培のようにコンパクトな樹体での栽培は、特に若木のうちは当該年度別の着果基準を超えた多着果はすべきでないと考えられる。

一方、「あきづき」について、果実生理障害の発生(中村、2011)は無~少なかったが、2014年作に芯腐れの発生が確認された。 A氏園では慣行区、根圏区とも同様に発生



第4図 慣行区(A,B)と根圏区(C,D)の樹形

が確認されたが、2015年には両区とも発生がほとんどみられなかった。2014年は開花期直後の降水量が多く、5月の気温が高く経過したため発生が多くなったと考えられる(江口・萩原、2002)が、さらに開花後の高温により有てい果の発生も多かったため助長されたと考えられる。加えて、C氏の根圏ほ場では、2014年に胴枯れ病の発生がみられたことも影響している。

根圏制御栽培は樹形がY字形であり(第 4 図),主枝高が 1 m程度と低いため、地面からの雨滴の跳ね返りもある. スピードスプレヤーの低い位置への散布角度も確保するなど、薬剤散布の方法にも注意が必要であると考えられた. なお、2015 年は、開花後の気温はやや高く推移したものの、開花後 3 週間程度は降雨が少なく経過したため、芯腐れの発生が少なかったと示唆される.

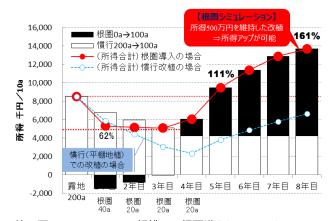
果実糖度について、2015年は幸水の果実糖度の向上を図るため、収穫1か月前の満開後91~105日の灌水量を制限した(大谷ら、2006).このため、2014年にくらべ1%程度の糖度上昇効果がみられた.しかし、同時期に「あきづき」に対しても灌水制限を行ったため、制限後の果実肥大が停滞し、収穫果重が前年よりも小さくなった.このように、根圏制御栽培は水分コントロールが容易であるため、果重や糖度のコントロールが可能であるが、間違ったタイミングで灌水制限を行うとマイナスの効果となることもあるため、適切な養水分コントロール技術の確立が必要である.このことについては、2016年度から実施している果樹類の根圏制御栽培法試験において検討することとしている.

2. 根圏制御栽培の省力性

根圏制御栽培では、樹形を立体的なY字樹形とすることで 葉数を多く確保でき、多着果による収量向上が可能である (大谷、2011). しかし、着果数が増えることで摘果・収穫等の 管理時間の増加による労働負担が懸念された. そこで、作 業項目別の労働時間の調査を行った. 根圏制御栽培では、 予備摘果や収穫作業の作業数、作業時間が 1.7~2.0 倍程 度増加するものの、歩数や移動時間は 7~8 割程度減少し、 作業効率は 9~24 %向上した. 根圏制御栽培の成園にお いては、単位面積当たりの着果数が 2 倍程度となるため、着 果管理時間そのものが同程度まで少なくなることはないが、 並木植えにより直線的に作業できることや結果枝が平行に 配置されているため、効率的に作業でき、作業時間の短縮 が可能であることが示された.

また,作業の効率化は剪定・誘引作業で顕著で,処理数 (結果枝数) は根圏制御栽培で2倍程度と多くなるが,作業 効率は慣行の2.5~3倍程度と高いため,時間の短縮が図ら れた.

このように、根圏制御栽培はコンパクトで単純な樹形であるため、結果枝の配置が平行に並ぶこと、さらに樹を並木植えにすることで、作業の効率化が図られ、着果数が増加するものの、年間作業時間 1~2 割の削減が可能であることが明らかとなった(大谷ら、2015). なお、樹形については、ニホンナシのような 2 本主枝を地上 1 mの位置に配置する一文字仕立てのほか、モモやリンゴでは主枝 2 本を地上 1 mから45 度斜立に配置する2 本主枝斜立仕立てやブドウの平行整枝仕立てを Y 字棚版に改良し2 段に主枝を配置する平行整枝 2 段仕立てなど、樹種に応じた仕立て方を検討することとしている.



第5図 200a(労働力3人)規模での根圏導入シミュレーション 注第16表をもとに試算した

3. 労働時間 (1時間) 当たりの経営効率 (2015 年試算)

根圏制御栽培は収量性,省力性が高いことが明らかとなった.そこで,実際の経営現場で一つの指標となる労働時間当たりの収益(経営効率;時給)について第 15 表に示した.

3 戸の農家での根圏制御栽培導入 4 年目(根圏導入 20~25 %)の経営効率はA氏 5330 円,B氏 6244 円,C氏 7530 円となり、慣行区の1.8~2.1 倍となった.栃木県の最低賃金は、2016 年現在751 円(厚生労働省、2016)と比べると8.5 倍と優れ、根圏制御栽培の経営効率の高さが実証された.一方、成園の指標として農試の根圏制御栽培は10a換算収量が6.1 t,2015 年度の平均kg単価318 円を乗じた収入は194万円となった.年間労働時間154時間で除すと時給は12564円となった.慣行区では5320円であることから実証農家よりも高くなり、2.36 倍効率が良いことが明らかとなった.

第 15 表 労働時間 1 時間当たりの経営効率(2015 年)

生産者			項 目	慣行区	根圏区	比率 %
	収	量	t ∕10a	2. 2	3. 9	177
_	収	入	万円/10a	71	104	148
A氏 (概念 世界)	労働	诗間	時間/10a	235	167	71
(慣行;成園) (根圏:4年目)	経営:	効率	円/時間	3, 005	6, 244	208
(121)	※所	得	万円/10a	24	78	321
	※所	得/労(動時間 円/時間	1, 034	4, 683	453
	収	量	t ∕10a	2. 1	3. 9	188
	収	入	万円/10a	66	115	174
B氏 (慣行:成園)	労働	時間	時間/10a	224	215	96
(恨街; 成園) (根圏:4年目)	経営:	効率	円/時間	2, 932	5, 330	182
	※所	得	万円/10a	31	89	288
	※所	得/労(動時間 円/時間	1, 369	4, 121	301
	収	量	t ∕10a	2. 3	4. 0	174
	収	入	万円/10a	75	114	152
C氏 (慣行;成園)	労働	時間	時間/10a	174	151	86
(恨街; 成園) (根圏:4年目)	経営:	効率	円/時間	4, 278	7, 530	176
(121)	※所	得	万円/10a	28	82	290
	※所	得/労(動時間 円/時間	1, 628	5, 450	335
	収	量	t ∕10a	3. 2	6. 1	188
etta = 15	収	入	万円/10a	103	194	188
農試	労働	時間	時間/10a	194	154	79
(慣行;成園) (根圏;8年目)	経営:	効率	円/時間	5, 320	12, 564	236
	※所	得	万円/10a	59	117	198
	※所	得/労(動時間 円/時間	3, 066	7, 593	248

注.2015年の収量, 単価, 労働時間をもとに算出

第 16 表 根圏制御栽培法と慣行の経営指標

		根圏制御	卸栽培(植付け	慣行:地植平棚			
項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目以降	成園	250a
収入 千円/10a		464	742	1,226	1,742	863	21,577
収量 kg/10a	-	1,800	2,875	4,750	6,750	3,343	3,343
単価 円/kg	-	258	258	258	258	258	258
支出 千円/10a	374	479	552	672	800	438	10,961
種苗費	0	0	0	0	0	0	0
肥料費	7	12	20	27	33	23	563
農業薬剤費	17	34	34	34	34	34	861
小農具費	2	4	4	4	4	4	107
農機具等修繕費	4	9	9	9	9	9	221
諸材料費	8	17	17	17	17	9	227
公課所負担物品税	11	22	22	22	22	22	543
光熱動力費	13	27	27	27	27	27	672
出荷資材費	0	23	37	61	86	43	1,066
支払労賃	0	0	0	0	0	14	358
賃借料及び料金	81	86	137	227	322	160	4,009
支払利子	0	0	0	0	0	0	0
支払地代	0	0	0	0	0	0	0
土地改良及び水利費	1	2	2	2	2	2	47
償却費	214	214	214	214	214	89	2,215
その他	15	29	29	29	29	3	73
所得	-374	-14	190	553	942	425	10,616
所得率 %	-	-	26	45	54	49	49

注.根圏制御栽培の経営費は実証農家3氏の年次別収量,経費と栃木県経営診断指標2014のなし(250a)の数値をもとに算出した

4. 根圏制御栽培導入シミュレーション

1) 根圏制御栽培と慣行(地植平棚栽培)の経営指標

根圏制御栽培と慣行(地植平棚栽培) 10 a 当りの成園 での経営指標を第16表に示した. 10 当たりの所得は、慣行 区 425 千円に対して、根圏区 942 千円とで約2.2 倍高いこと が示された.

2) 根圏制御栽培導入シミュレーション

この指標をもとに、200 a (労働力3人) 規模で根圏制御 栽培を半分の 100 aの導入する場合のシミュレーションを第 5 図に示した.

所得は 500 万円を維持する条件とすると, 根圏制御栽培は 1 年目 40 $a\rightarrow 2$ 年目 20 $a\rightarrow 3$ 年目 20 $a\rightarrow 4$ 年目 20 a の 4 年に渡って導入することで, 所得下限を維持することができる.

数年にわたり根圏制御栽培を導入するため、経営改善効果はすぐには表れないが、導入4年目に導入前の所得水準に近づき、5年目に約950万円、導入前の1.1倍の所得を確保できる.8年目には所得1370万円、導入前の1.6倍の所得へと飛躍的に上昇する。すべてを慣行で改植した場合は、所得が250万円を下回り、改植前の水準に戻るために8年以上を要する.

このように、根圏制御栽培は単に所得向上だけでなく、改 植による紋羽病やいや地といったリスクを回避できるとともに、 経営的にもメリットのある栽培方法であると考えられた.

5. 根圏制御栽培の普及に向けた考察

2016年3月時点で、ニホンナシを中心に根圏制御栽培は、 15 都県で 50 戸を超える導入が進んでいる. また, (国研) 農研機構果樹茶業研究部門, 三重県農業研究所や東京都 農林総合センターにおいて試験栽培としての導入が進み、 栃木県内外で 10 ha 程度の栽培面積へと広がりをみせてい る. さらに、革新的技術実証事業での成果や積極的なPR活 動により北は北海道,南は宮崎県まで多くの生産者からの 問い合わせを受けている. 栃木県内での導入当初は、十分 なデータも揃っておらず、農家と意見を交わしながらの出発 であったが、 字都宮市や鹿沼市の農家での実証を通じ、 ニ ホンナシ農家のみならず,他の果樹農家や他分野の農家, 企業導入希望が増加している. 導入希望農家としては、大き く2分され、都市近郊で直売や宅配を中心とした導入者は、 限られた面積での土地生産性の向上を目的としている. 一 方, 栃木県など, 作業労力の分散を図るため作期の拡大に よる収量向上,経営改善を目的に導入が進んでいる.このよ うに、生産環境や販売目的によって導入目的が異なる. そこ で,今後の根圏制御栽培の普及に向けた取組みについて

低コスト化も含めて考察する.

ニホンナシは無農薬での栽培はまず考えられないためス ピードスプレヤーなどの防除機や,収穫した果実の搬出に 運搬車が必要など、新規に栽培を始めるためには多くの経 費を要するため、根圏制御栽培は、現在果樹栽培を行って いる農家による導入が前提となる. また, 栃木県内のニホン ナシ生産者は経営規模も大きく、後継者の就農をきっかけと した経営分担の一部門としての根圏制御栽培の導入が有力 である. 特に, 作期分散を図るための施設化や主要品種の 「幸水」、「豊水」と収穫期が異なる早生や晩生品種との組 合わせなど、これまでの露地栽培とは作業体系の異なる部 門での取組みが考えられる. 栃木県での一般的な栽培面積 200 a での予想される10年程度先の根圏制御栽培導入効果 については先述したとおり、100 a の切り替えで 1.8 倍程度の 所得増が期待できる. 同じ栽培面積のまま萎縮症や高樹齢 化で生産性が落ちている「幸水」や「豊水」を栃木県で 育成した極早生品種「おりひめ」を根圏制御栽培で改植す ることにより作期の拡大, 労力分散や高単価での取引が想 定される。また、新品種等のリスクを伴う品種を導入する場合 は、試験導入として根圏制御栽培を利用することも想定され る.

一方, 栽培面積は大きくないが, 直売や宅配などの販路で経営を行っている生産者の場合についても導入効果が想定される. 直売の場合, 収量の向上は所得改善に直に結びつく. 萎縮症や高樹齢化で生産性が落ちている「幸水」の一部2割程度を根圏制御栽培「幸水」に改植した場合, 100 aで29 tであった収量が5年目には36 tとなり, 増収効果は7t, 増収率で24%が得られる. GA処理を加え8月上中旬での販売を考えると, 1 kg 当たりの平均単価が500円としても3500千円の収入の増加が図られることになる.

なお、2016年に作成した次世代のなし栽培法「盛土式根圏制御栽培法」導入マニュアル(大谷、2016)でも示したが、根圏制御栽培の導入には、10 a規模の場合 200万円程度のコストが発生する。この試算は、根圏制御栽培の資材代と灌水設置代のみで、網棚の経費やY字棚を組み立てるための労賃、井戸やポンプなど状況に応じて必要な経費は含まれていないので、さらに3~5割程度の経費がかさむことが想定される。今回、試験に供した3農家は、果樹棚をそのまま利用し、Y字棚の組み立てや植付けは自己施工で行っている。また、導入面積は25~40 a程度と比較的規模も大きいため、10 a 当たりの導入経費は130万円程度に抑えることができた。また、栃木県の県単の補助事業や中央果実協会の改植事業等も活用し、初期投資を極力抑えることにも成功した(試算には補助事業の活用は組み入れていない)。しかし、全ての農家で自ら施工することは困難であることから、

安価な灌水設備, 効率的な Y 字棚施設, 安価な防除装置などの開発にも取り組むこととしている. また, ニホンナシ以外の樹種での実証や多量に必要となる苗の供給体制などの課題も残されている. 今後も, 試験研究機関, 農家, 企業, 普及や行政機関と連携を取りながら, 次世代の果樹栽培法である根圏制御栽培の普及に向けて, 農家経営の向上や新たな果樹経営体の育成などにより果樹産業の発展に取り組んでいくこととしている.

浜 槇

本研究を遂行するにあたり、石川昭男氏、大貫悟氏、小田切晃司氏ならびに果樹研究室パート職員の皆様には、試験ほ場の管理、調査等において多大なるご尽力をいただきました。また、革新的技術・緊急展開事業の共同研究機関である三重県農業研究所、三共包材株式会社、株式会社 S.K. アグリシステムおよび栃木県農政部経営技術課の関係者の皆様においても事業の遂行に当たり多大なるご支援を頂きました。心からお礼を申し上げます。

引用文献

- 江口直樹・萩原 保身(2002)ニホンナシ心腐れ症に対する薬剤の防除効果. 関東東山病虫会報. 49:53-54.
- 古山竜二・高畑正人・中島和幸(2005) オウトウの根域制限 Y 字形仕立てにおける栽培適性について. 滋賀農総セ農試研報. 45: 44-50.
- 蒲生英美・文室政彦(2001)根域制限カキ、新秋、の早期成園化および軽労働化技術、滋賀総セ農試研報. 41:23-31.
- 本美善央・木村伸人・榊原正義・仙田太洋(1994)イチジ クのコンテナ栽培における仕立て法と樹勢の調節及 び維持法、愛知農総試研報、26: 275-280.
- 本美善央・榊原正義・木村伸人・仙田太洋(1995)モモの コンテナ栽培における根域土壌容積,かん水及び施 肥が生育,収量に及ぼす影響.愛知農総試研報. 27:251-258.
- 今井俊治(1991)密植・根域制限栽培による 4 倍体ブドウの早期成園化の実証. 広島果試特研報. 31: 1-94.
- 鎌田憲昭・安間貞夫(2004)イチジクの根域制限栽培に おける用土量が樹体生育,果実収量,品質及び乾 物生産に及ぼす影響. 静岡柑試研報. 33: 19-25.
- 厚生労働省 (2016) http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/koyou_roudou/roudoukijun/minimumichiran/.
- 松本和紀・矢羽田第二郎・牛島孝策・栞 原実(2006) ワ

- セウンシュウの高うねマルチ栽培における根域制限 方法と生育, 収量, 果実品質. 福岡総農試研報. 25: 65-70.
- 松波達也・吉岡正明・平井一幸・本間素子・渡辺一郎 (2001)ポリエチレンネットを利用したポットによるモモ の根域制限栽培法. 群馬園試研報. 6: 7-38.
- 三坂 猛・髙橋建夫・半田睦夫・鷲尾一広・金原啓一 (2015)ニホンナシ新品種「おりひめ」の育成、栃木農 試研報、73:21-26.
- 中村 仁(2005)重要病害・萎縮症. p. 329-330 の 3. 農業 技術体系 果樹編 2 ナシ西洋ナシ 追録第 20 号. 農文協. 東京.
- 中村ゆり(2011)ニホンナシ「あきづき」'王秋'における果 肉障害発生調査報告. 果樹研報. 12:33-63.
- 新田浩通・小笠原静彦・今井俊二(1998)ナシ白紋羽病 防除におけるフルアジナム SC の効果. 広島農技セ 研報. 66: 7-14.
- 大谷義夫(2011)盛土式根域制限栽培によるニホンナシの早期多収に関する研究.東京農工大博論. 1-174.
- 大谷義夫(2012)盛土式根域制限栽培によるニホンナシ の早期多収に関する研究.栃木農試研報.69: 1-70.
- 大谷義夫(2016)次世代のなし栽培法「盛土式根圏制御 栽培法」導入マニュアル. 栃木農試新技術シリーズ. 18.1-41.
- 大谷義夫・朝倉利員・杉浦俊彦(2006)収穫前のかん水 制限がニホンナシ「幸水」果実の成熟に及ぼす影響. 園学雑.75(別 1):56.
- 大谷義夫・林 雅子(2008)なしの盛土式根圏制御栽培 法. 栃木県新技術シリーズNo.12.:1-16.
- 大谷義夫・澤田守・松下秀介(2015)ニホンナシ根圏制御 栽培法における作業効率の評価. 園学研. 14(別 2).
- 澤野郁夫・山崎俊弘・杉山和美・谷口哲微(1998)ウンシュウミカンの根域制限栽培における土壌容積と生育、収量および果実品質との関係. 静岡柑試研報. 27: 1-6
- 澤野郁夫・山崎俊弘・杉山和美・谷口哲微(2001)ウンシュウミカンの根域制限栽培における夏秋季の水ストレスが生育および果実品質に及ぼす影響. 静岡柑試研報. 30: 1-8.
- 寺門 巌・江橋賢治(2005)欧州系ブドウに対する根域制限と新梢に対する摘心が生育および果実品質に及ぼす影響. 茨城農総セ園研報. 13: 1-10.

栃木県(2006)栃木県農作物施肥基準. p. 38-39.. 栃木県(2014)12 なし. 農業経営診断指標 平成 26 年 版.

渡辺文吉郎(1963)白紋羽病菌の生態ならびに防除に関する研究. 農林省指定試験(病害虫).3:1-110.

吉岡四郎(1983)収穫適期の判定. p. 102-107. 農業技術 体系 果樹編 3 ナシ 西洋ナシ. 農文協. 東京.