

ニホンナシの改植および定植後の管理方法の改善
に関する研究

～いや地現象の発生とその軽減および生育促進を中心に～

戸谷 智明

目 次

第1章 序論	57
第2章 ニホンナシにおけるいや地現象について	
第1節 いや地現象の発生と原因	59
第2節 いや地現象発生の品種間差	64
第3章 ニホンナシ改植における客土のいや地現象軽減効果およびマルチ処理の併用による幼木の生育促進効果	66
第4章 ニホンナシ幼木の生育促進技術の開発	
第1節 マルチ処理によるニホンナシ幼木の生育促進効果	72
第2節 シアナミド剤の散布によるニホンナシ幼木の生育促進効果の検証および散布適期判定システムの開発	78
第3節 点滴かん水やマルチ処理によるニホンナシ大苗の生育促進効果	83
第5章 ニホンナシ幼木の生育促進技術の現地実証	
第1節 マルチ処理が生産者の新植圃場および改植圃場に定植したニホンナシ大苗の生育に及ぼす影響	87
第2節 シアナミド剤の散布が生産者の改植圃場に定植したニホンナシ大苗の生育に及ぼす影響	92
第6章 総合考察	94
引用文献	97
要旨	99
Summary	100
謝辞	102

第1章 序論

ニホンナシ (*Pyrus pyrifolia* (Burm.f.) Nakai) は、東北地方～九州地方まで栽培されている我が国を代表する果樹であり、結果樹面積が13,000 ha、収穫量が267,200t (農林水産省, 2013) となっている。千葉県におけるニホンナシの生産は、結果樹面積が1,600ha、収穫量が34,400tで、いずれも全国第1位である。栽培されている品種は「幸水」が51%を占め、次いで「豊水」が29%、「新高」が13%の順となっている (千葉県, 2012)。主力品種である「幸水」は、1959年に品種登録され、1970年代から栽培が急増したが、現在では高樹齢化が進み、千葉県内の生産者圃場でも30年生以上の樹の割合が半分程度となっている。

「幸水」は、樹齢が30年生を過ぎると収量低下や小果化が顕著になる。そこで、収量や品質を維持していく対策の一つとして、改植等による樹の更新が行われている (写真1)。千葉県内の主産地である東葛飾地域では、過去5年間に新植、改植で苗木を定植した生産者は全体の92%であった (高橋, 2016)。

改植圃場に定植したニホンナシの幼木は、発芽や新梢伸長など初期生育が不良となることが多く (写真2)、その原因としていや地現象の発生が疑われている。いや地現象は、同一種類の果樹を連作することで後作の樹の生育が悪化することであり、モモ (水谷ら, 1977) やウメ (大江ら, 2002)、イチジク (細見・内山, 1998)、リンゴ (熊代・山本, 1992) など多くの果樹で発生が認められている。その発生原因としては、モモ (水谷ら, 1977) やウメ (大江ら, 2002) では前作樹の根に由来する青酸配糖体の蓄積が挙げられ、改植した幼木の生育を阻害している

ことが明らかになっている。しかし、ニホンナシにおいては、後作の幼木でどの程度いや地現象が発生するのか、またその原因について実験的に明らかにした報告はない。さらに、千葉県では「幸水」の他に「豊水」、「新高」および「あきづき」が改植する品種として挙げられるが、改植後の生育がその品種特性を發揮できずに抑制されていることが多い。このことから、いや地現象の発生には品種間差があることが推察されているが明らかでない。

いや地現象を軽減する対策については、新しい土壌を客土することが有効である (山口, 1991) が、ニホンナシ改植時の処理量や効果については明らかでない。また、ウメ (大江ら, 2010) では、いや地現象の対策として活性炭を施用した結果、改植ほ場に定植した若木で生育が改善したとの報告がある。活性炭の施用よりも簡単な方法として、活性炭を液状にした活性炭フロアブル剤の施用が、アスパラガスでは報告されている (元木ら, 2002)。しかし、ニホンナシでの使用事例がないため、効果は不明である。

ニホンナシは、いや地現象が発生しない新植圃場に1年生苗木を定植した場合でも、成木となり収量が増加するまでには7～8年と長期間を要し、いや地現象による生育不良が発生する改植圃場ではさらに年数が必要なことから、新植や改植を阻害する要因の一つとなっている。この問題を解決するためには定植した幼木の新梢や根の生育を増大させ、初結実までの期間を短縮し、成園化を促進することが必要である。しかし、充実した1年生苗木を定植して、かん水や施肥等の管理を適切に行っても、新梢の生育不良



写真1 前作樹の抜根 (左) と改植した幼木 (右)

が起ることが多い。このため、ニホンナシの改植および新植を促進し産地の生産力を維持するためには、定植した幼木の生育を促進させる技術の開発が必要である。これまでに幼木の生育を促進する方法としては、定植前の土壤消毒、堆肥やパーライト等改良資材による土壤改良および定植後のかん水や施肥管理（北川，2004）など定植時や定植後の一般的な管理作業が中心であった。一方、イチジクの苗木養成ではマルチで株元を被覆すると萌芽が早まるとともに生育が向上すること（平井ら，2013）やシアナミド剤を散布したニホンナシ幼木の新梢の発生本数、長さおよび葉数が無散布区と比べ増大したこと（黒木ら，2010）などの幼木の生育を促進させる新しい知見が報告されている。

また、千葉県では、苗木圃場で主枝を直立に伸長させた大苗（吉岡・石田，1982）を用いることで成園化を促進している。しかし、大苗は定植後の生育が不良になりやすく、改植に失敗する事例が散見される。この対策として、少ない水量で効率よくかん水することができる点滴かん水や被覆部位の乾燥防止に効果があるポリエチレンフィルムによる被覆が有効と考えられるが効果は明らかでない。

本研究は、ニホンナシ幼木の改植および定植後の管理方法の改善に関する研究を、いや地現象の発生とその軽減および定植後の生育促進技術の開発を中心に行った。第2章

では、ニホンナシにおけるいや地現象の発生を明らかにするため、「幸水」を抜根した跡地と新土を客土した処理区に、「幸水」または「あきづき」1年生苗木を前作樹主幹位置から等間隔に定植し、生育と土壤理化学性の関係を調査した。また、「幸水」を抜根した跡地土壌をポットに充填し、「幸水」、「豊水」、「新高」および「あきづき」を定植して、いや地現象発生の品種間差を明らかにした。第3章では、ニホンナシの改植時に客土や活性炭および活性炭フロアブル剤の施用によるいや地現象の軽減効果を検証した。さらに、改植時の客土とマルチ処理の併用による「幸水」幼木の生育促進効果を検証した。第4章では、「幸水」1年生苗木を定植後、マルチ処理やシアナミド剤の散布を行い、幼木の生育促進効果を検証した。また、シアナミド剤を生産者が手軽に使用できるように、散布時期を算出するシステムを、杉浦・本條の生育予測モデル（1997）をもとに開発した。さらに、既存の早期成園化の方法である大苗の初期生育を向上させるため、定植後に点滴かん水やマルチ処理を行った。第5章では、生産者の新植圃場および改植圃場において、「幸水」や「豊水」の大苗を定植後、マルチ処理やシアナミド剤の散布を行い、収量および果実品質に及ぼす効果を実証した。第6章では、今回開発した技術について、生産者への普及や課題、経費や労働時間および今後の研究展開について総合的に考察した。



写真2 改植圃場に定植した「あきづき」幼木（左）と新土区の「あきづき」幼木（右）の生育

第2章 ニホンナシにおけるいや地現象について

第1節 いや地現象の発生と原因

1. 緒言

改植した幼木は、生育が不良となることが多く、その原因としていや地現象の発生が疑われている。いや地現象は、モモ（水谷ら，1977）やウメ（大江ら，2002），イチジク（細見・内山，1998），リンゴ（熊代・山本，1992）など多くの果樹で発生が認められている。その発生原因としては、モモ（水谷ら，1977）やウメ（大江ら，2002）では前作樹の根に由来する青酸配糖体が挙げられ、改植した幼木の生育を阻害していることが明らかになっている。しかし、ニホンナシにおいては、後作の幼木でどの程度いや地現象が発生するのか、またその原因について実験的に明らかにした報告はない。そこで本節では、ニホンナシにおけるいや地現象の発生やその原因を明らかにすることを目的に試験を実施した。

2. 材料および方法

(1) いや地現象の再現と植付距離が定植した幼木の生育に及ぼす影響

1) 処理区の設定

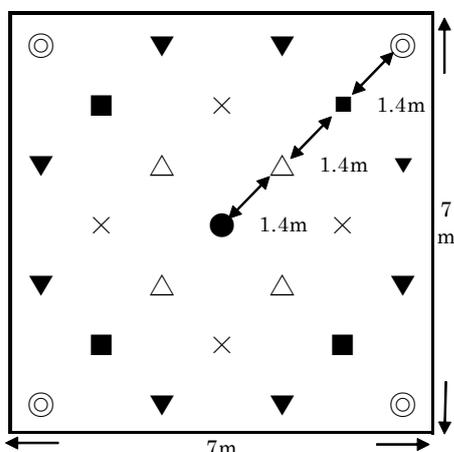
千葉県農林総合研究センター内のニホンナシ改植圃場（腐植質普通黒ボク土）において試験を実施した。2005年11月に、7m×7mの間隔で植栽された43年生の「幸水」4樹をバックホーで抜根し、その跡地に連作土区を4区設けた。連作土区は、土壌が移動しない様に上層部の太根を、主幹を中心に2m四方の範囲で取り除いた後に埋め戻した。同時期に、同一圃場内のニホンナシ栽培跡地（1997年および2001年にバックホーで抜根後、放置）において7m×7mの間隔で4m四方、深さ1mの大きさで土壌を除去し、新土区を2区設けた。新土区は、土壌を除去した跡地に、果樹未植栽圃場から採取した黒ボク土を客土した。同年12

月に、「幸水」または「あきづき」の1年生苗木（ホクシマメナシ台）を品種別に連作土区に2区ずつ、新土区に1区ずつ定植した。供試樹数は、連作土区では前作樹主幹位置からの距離（以下植付距離とする）が0mに1樹、1.4mに4樹、2.0mに4樹、2.8mに4樹、3.2mに8樹、4.2mに4樹とした（第1図）。新土区では同様に0mに1樹、1.4mに4樹としたが、全ての樹を客土した4m四方の範囲内に定植したため、新土区の生育データは距離に関わらず5樹の平均値として求めた（第2図）。植え穴は、土壌が移動しないように直径40cm、深さ40cmに掘り、定植直後にフルアジナム（商品名フロンサイドSC）500倍液を1樹当たり5Lかん注した。定植後の栽培は慣行とし、1年目のせん定は新梢を半分の長さに切除した。

2) 調査項目

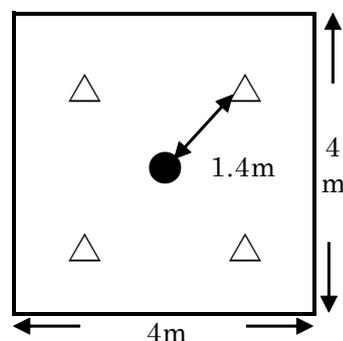
供試樹の生育量は、2007年11月に、樹を接ぎ木部で切断後に地上部生体重を測定した。

土壌の化学性および硬度は、植付距離で生育に差が見られた「あきづき」を植栽した連作土区および新土区において、2007年11月に調査した。土壌の化学性は、各供試樹の主幹から20cm離れた深さ20～40cmの土壌を4か所ずつオーガで採取し、植付距離別に混合して測定した。pHはガラス電極法、無機態窒素は10%塩化カリウム抽出法、可給態リン酸はトルオーグ法、交換性陽イオンはショーレンベルガー法、マンガンは0.2%ハイドロキノン含有酢安抽出法、亜鉛と銅は0.1N塩酸抽出法、ホウ素はオートクレーブ抽出法で分析した。土壌硬度は、貫入抵抗式土壌硬度計（コーン：頂角30°，底面積2cm²）を用いて、各供試樹の主幹から20cm離れた部分を4か所、深さ50cmまで10cm間隔で測定し、植付距離別に平均値を求めた。



第1図 連作土区の苗木定植位置

注) ●は前作樹主幹位置からの距離：0m，△：1.4m，
×：2.0m，■：2.8m，▼：3.2m，◎：4.2m



第2図 新土区の苗木定植位置

注1) ●は前作樹主幹位置からの距離：0m，△：1.4m
2) 4m角に客土

(2) 改植時のダゾメット処理が定植した幼木の生育に及ぼす影響

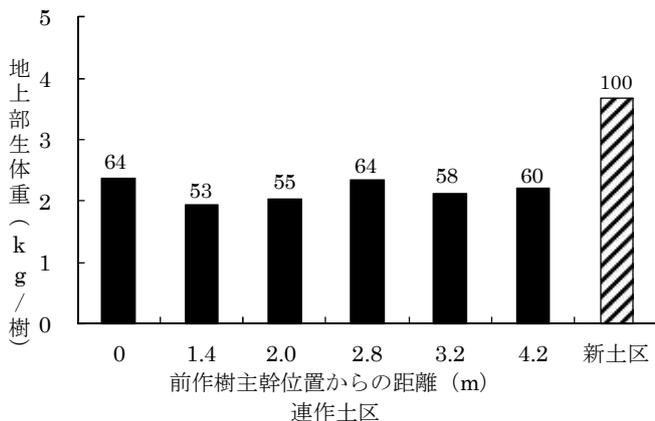
1) 処理区の設定

千葉県農林総合研究センター内のニホンナシ改植圃場と新植圃場（いずれも腐植質普通黒ボク土）で実施した。2005年11月に、改植圃場では、7m×7mの間隔で植栽された43年生の「幸水」4樹について主幹を中心に4m四方、深さ1mの大きさにバックホーで抜根して土壤改良を行った。新植圃場では、7m×7mの間隔で4m四方、深さ1mの大きさに土壤改良を行った。土壤改良は、両圃場とも埋め戻す際にバーク堆肥120kg、苦土石灰8kg、BM熔りん8kgを、深さ30cm、60cm、100cmの3層に分けて施用した。

試験は、両圃場にダゾメット処理区（以下処理区とする）と無処理区を設け、各区3樹2反復とした。処理区では、土壤改良時に、土壤微生物に対して殺菌効果があるダゾメット（商品名ダゾメット微粒剤）を深さ30cmと60cmの2層にそれぞれ50g/m²処理し、1か月間ビニルフィルムで被覆後、耕耘を行ってガス抜きした。2005年12月に、「幸水」の1年生苗木（ホクシマメナシ台）を、各区とも1.4m間隔で定植した。定植後の栽培は慣行とし、1年目のせん定は1年生枝を半分の長さに切除した。

2) 調査項目

供試樹の生育量は、2007年11月に、1区当たり2樹を接ぎ木部で切断後に地上部生体重を測定した。土壤の化学性は、各供試樹の主幹から20cm離れた深さ20～40cmの土壤を3か所ずつオーガで採取し、1区ごとに混合したサンプルを試験1と同様の手法で分析した。



第3図 新土区および前作樹主幹位置からの距離別に定植した連作土区における「幸水」の地上部生体重

- 注1) 前作樹は43年生の「幸水」
- 2) 定植は2005年12月、栽培終了は2007年11月
- 3) 連作土区は2反復、新土区は反復なし
- 4) 数値は新土区を100とした比

3. 結果

(1) いや地現象の再現と植付距離が定植した幼木の生育に及ぼす影響

新土区の地上部生体重の平均は「幸水」が3.7kg、「あきづき」が4.4kgで、両品種ともに連作土区の幼木の地上部生体重に比べ重かった（第3図、第4図）。それぞれの新土区を100とした比数は、連作土区の「幸水」が53～64、「あきづき」が25～68であった。

一方、連作土区の「幸水」は、植付距離別に平均した地上部生体重が2.0～2.4kgで、植付距離による有意な差は認められなかった（第3図、写真3）。これに対し、連作土区の「あきづき」は、植付距離別に平均した地上部生体重が1.1～3.0kgで、植付距離が近くなるほど生体重が有意に軽かった（第4図、写真4）。

「あきづき」を植栽した連作土区の土壤硬度は570～1035kPa/cm²で、植付距離や土壤の深さによる一定の傾向は見られなかった（第1表）。また、「あきづき」を植栽した新土区の土壤硬度は647～824kPa/cm²で、連作土区に定植した「あきづき」の土壤硬度と違いは見られなかった。

「あきづき」を植栽した連作土区の植付距離別に採取した土壤の化学性を第2表に示した。pHが6.7～6.8、無機態窒素が1.8～2.3mg/100g、可給態リン酸が2.2～3.2mg/100gで、距離による差は見られなかった。交換性陽イオンは、交換性カルシウムが465～542mg/100g、交換性マグネシウムが78～101mg/100g、交換性カリウムが71～83mg/100gで、距離によって差があるものの一定の傾向は見られなかった。微量元素は、マンガンが140～208ppm、ホウ素が0.9～1.3ppm、亜鉛が26～42ppm、銅が7.9～9.5ppmで距離によって差があるものの一定の傾向は見られなかった。また、「あきづき」を植栽した新土区の土壤の化学性は、連作土区と比べマンガンや亜鉛、銅が低いものの、その他の項目にはほとんど違いは見られなかった（第2表）。

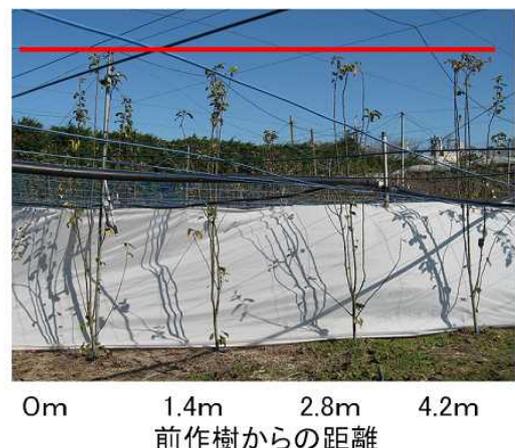
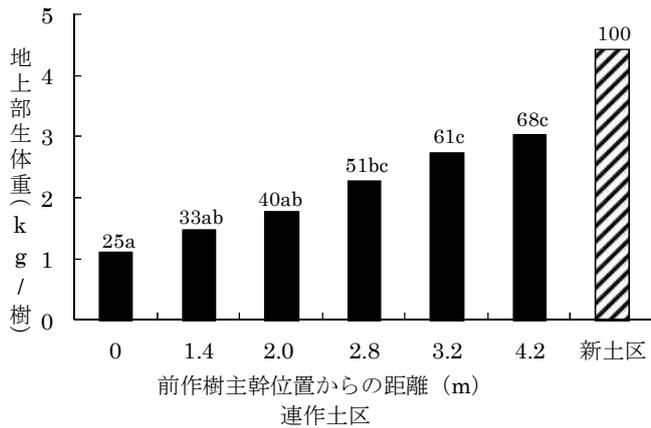


写真3 前作樹主幹位置からの距離別に定植した連作土区における「幸水」の生育



第4図 新土区および前作樹主幹位置からの距離別に定植した連作土区における「あきづき」の地上部生体重

- 注1) 前作樹は43年生の「幸水」
 2) 定植は2005年12月，栽培終了は2007年11月
 3) 連作土区は2反復，新土区は反復なし
 4) 数値は新土区を100とした比数
 5) 異符号の値にはTukeyの多重比較法により5%水準の有意差がある



写真4 前作樹主幹位置からの距離別に定植した連作土区における「あきづき」の生育

第1表 「あきづき」を定植した試験区における栽培試験終了時の前作樹主幹位置からの距離別の土壌硬度

前作樹主幹位置からの距離 (m)	土壌の深さ別土壌硬度 (kPa/cm ²)				
	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
0	790	800	640	590	570
1.4	570	670	620	720	800
2.0	930	775	795	775	830
2.8	1035	975	835	880	985
3.2	1010	995	730	665	775
4.2	900	930	940	845	810
新土区	824	814	814	696	647

- 注1) 2005年12月に定植，2007年11月に栽培終了
 2) 前作樹主幹位置から距離別に，供試樹の主幹から20cm離れた部分を4か所，土壌硬度計を用いて測定し，距離別に平均

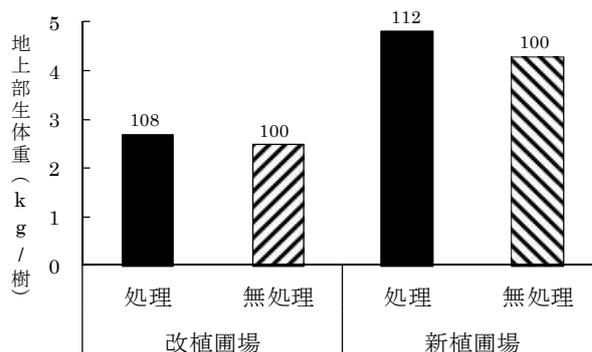
第2表 「あきづき」を定植した試験区における栽培試験終了時の前作樹主幹位置からの距離別の土壌化学性

前作樹主幹位置からの距離 (m)	pH (H ₂ O)	無機態窒素 (mg/100g)	可給態リン酸 (mg/100g)	交換性陽イオン (mg/100g)		
				CaO	MgO	K ₂ O
0	6.7	2.3	2.9	465	89	74
1.4	6.8	2.0	2.7	482	92	83
2.0	6.8	2.1	2.7	468	78	71
2.8	6.8	1.8	3.2	542	100	76
3.2	6.8	2.1	2.2	520	101	79
4.2	6.8	1.9	2.2	485	92	81
新土区	6.6	2.9	3.0	501	87	79

前作樹主幹位置からの距離 (m)	Mn (ppm)	B (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
1.4	169	0.9	26	9.5
2.0	140	1.1	28	9.2
2.8	193	1.2	33	8.1
3.2	199	1.3	36	7.9
4.2	208	1.0	42	9.0
新土区	87	0.9	15	5.8

注1) 2005年12月に定植, 2007年11月に栽培終了

- 2) 前作樹主幹位置から距離別に, 供試樹の主幹から20cm離れた位置の4か所から深さ20~40cmの土壌を距離別に混合し測定



第5図 改植および新植圃場における改植時のダゾメット処理が定植した苗木の地上部生体重に及ぼす影響

注1) 前作樹は43年生の「幸水」

- 2) 定植は2005年12月, 栽培終了は2007年11月
 3) 試験区は2反復
 4) 数値はそれぞれの無処理区を100とした比数

第3表 改植時にダゾメット処理を行った栽培試験の終了時における土壌化学性

圃場	ダゾメット微粒剤処理	pH (H ₂ O)	無機態窒素 (mg/100g)	可給態リン酸 (mg/100g)	交換性陽イオン (mg/100g)		
					CaO	MgO	K ₂ O
改植	処理	6.2	2.9	2.3	319	61	67
	無処理	6.1	5.7	6.0	329	67	65
新植	処理	6.0	3.9	1.2	189	11	72
	無処理	5.9	6.4	1.4	171	10	78

注1) 2005年12月に定植, 2007年11月に栽培終了

- 2) 供試樹の主幹から20cm離れた位置の4か所から深さ20~40cmの土壌をオーガで採取し, 処理区ごとに混合したサンプルを測定

(2) 改植時のダゾメット処理が定植した幼木の生育に及ぼす影響

改植圃場における地上部生体重は、処理区が2.7kg、無処理区が2.5kgであった(第5図)。新植圃場における地上部生体重は、処理区が4.8kg、無処理区が4.3kgであった。それぞれの無処理区を100とした比数は、改植圃場の処理区では108、新植圃場では112で、ダゾメット処理による違いは見られなかった。また、ダゾメット処理の有無にかかわらず、改植圃場の幼木の地上部生体重は、新植圃場の幼木に比べ軽く、ダゾメット処理による違いよりも大きかった。

栽培終了時の土壌の化学性を第3表に示した。pHは5.9～6.2、無機態窒素が2.9～6.4mg/100g、可給態リン酸が1.2～6.0mg/100gで、圃場による差やダゾメット処理の有無による差は見られなかった。交換性カルシウムは、改植圃場では319～329mg/100g、新植圃場では171～189mg/100gで、交換性マグネシウムは、改植圃場では61～67mg/100g、新植圃場では10～11mg/100gで、処理による差は見られなかったが、圃場による差は見られた。交換性カリウムは65～78mg/100gで、ニホンナシの植栽や処理の有無による差は見られなかった。

4. 考察

果樹の中でいや地現象が発生しやすいとされるモモにおいては、栽培跡地土壌の幼木の生育が新土に比べ32～68%になると報告されている(平野・森岡, 1971)。一方、ニホンナシでもいや地現象が発生すると言われてきたが、ニホンナシ栽培跡地の圃場におけるいや地現象発生の有無や程度、原因については明らかになっていない。本試験では、43年生の「幸水」栽培跡地に定植した連作土区の1年生苗木の地上部生体重は、同一圃場内の新土区に比べ「幸水」が53～64%、「あきづき」が25～68%となり著しく生育が劣った。改植した幼木の生育は、モモと同程度に阻害されていることから、ニホンナシにおいてもいや地現象が発生することが明らかになった。

また、「あきづき」では植付距離に近いほど有意に生育が抑制されたが、「幸水」では植付距離によって生育に差が見られなかった。この結果から、ニホンナシにおいては品種によっていや地現象の発生程度に差がある可能性がある。これまでいや地現象の発生程度に品種間差異があるという知見はないが、いや地現象を回避する対策を講じる上でその確認は重要と考えられるため、今後更に検討したい。

いや地現象が発生する原因として、土壌物理性の悪化や養分消耗による土壌化学性のアンバランス化、土壌生物の関与が挙げられる(佐藤ら, 1991)。本試験では、「あきづき」

を植栽した連作土区および新土区において、栽培終了後の土壌の硬度、化学性を調査した。その結果、植付距離で生育差が顕著であった連作土区の土壌硬度は、もっとも硬い地点でも1035kPa/cm²であり、千葉県火山灰土における物理性診断基準(千葉県, 2006)におけるニホンナシの土壌硬度の改善目標である1471kPa/cm²以下であった。また、幼木の生育が優れた新土区の土壌硬度は、生育が劣った連作土区と比べ違いが見られなかった。これらのことから、「あきづき」を定植した連作土区および新土区の土壌硬度はいや地現象を引き起こす原因ではないと考えられる。

土壌の化学性は、植付距離で生育差が顕著であった連作土区では距離による差で一定の傾向が見られなかった。また、新土区ではマンガンおよび亜鉛、銅以外の項目が連作土区と同程度であったが、定植した幼木の地上部生体重は重かった。

さらに、ダゾメットを用いた試験では、新植圃場の交換性カルシウムおよびマグネシウムが適値とされる値よりも低かったが、定植した幼木の地上部生体重は重かった。これらのことから、いや地現象の発生に土壌化学性の影響はないと考えられる。

本試験では、「幸水」を抜根した跡地においてダゾメットによる土壌消毒を実施し「幸水」の幼木を定植しても、無処理区の幼木に比べ地上部生体重に差は見られなかった。また、改植圃場のダゾメット処理区の地上部生体重は、新植圃場の無処理区に比べ軽かったことから、ダゾメット処理にいや地現象の発生を防止する効果はないと判断された。ダゾメットによる土壌消毒の効果が認められなかったことから、いや地現象の発生には土壌病原菌やセンチュウ類の関与は小さいと考えられた。

以上の結果から、ニホンナシでは栽培跡地でいや地現象が発生し、その発生原因として土壌の硬度や化学性、土壌病害虫の関与は小さいことが明らかになった。いや地現象の原因として、モモでは前作樹の根に由来する青酸配糖体(水谷ら, 1977)、ウメでは青酸配糖体の分解物の安息香酸が同定され(大江ら, 2002)、ともに後作の幼木の根の呼吸を阻害することが報告されている。ニホンナシでは、阻害物質の同定には至っていないが、根の水抽出液をニホンナシの幼木にかん注すると生育が無処理の70%程度になることが報告されている(平野・森岡, 1964)。これらのことから、ニホンナシにおけるいや地現象の原因を明らかにするためには前作樹の根から放出される物質の同定やその影響を明らかにする必要があると考えられ、この点については今後更に検討したい。

第2節 いや地現象発生の品種間差

1. 緒言

改植した幼木は、いや地現象のため活着や初期生育が不良となることが多い。第2章第1節の結果、ナシの改植圃場においてはいや地現象が発生し、その発生程度には品種によって差があることが示唆された。これまでにいや地現象の発生程度に品種間差異があるという知見はないが、いや地現象を軽減する対策を講じる上でその確認は重要と考えられる。そこで、本節では「幸水」を抜根した跡地土壌をポットに充填し、「幸水」、「豊水」、「新高」および「あきづき」を定植して、いや地現象発生の品種間差を明らかにした。

2. 材料および方法

(1) 処理区の設定

千葉県農林総合研究センターの圃場で実施した。処理区は、連作土区と新土区をそれぞれ品種ごとに5反復設けた。連作土区は、2012年10月に「幸水」（18年生）を5樹抜根し、主幹部を中心に2m四方、深さ60cmの範囲で跡地土壌を採取し混和後、ポット（容積22.5L）に充填した（以下、連作土区とする）。同様に、果樹未植栽圃場（野菜類の栽培圃場、腐植質普通黒ボク土）から採取した土壌をポットに充填した（以下、新土区とする）。

2013年3月に、「幸水」、「豊水」、「新高」および「あきづき」の1年生苗木（ホクシマメナシ台）をそれぞれ定植した。定植直後にフルアジナム500倍液を2L/樹かん注した。施肥は硫加燐安（窒素：リン酸：加里=15:15:15）200g/樹を5月および9月の2回に分けて土壌表面に散布した。かん水は主幹部から10cm離れた位置にノズルを設置し、土壌が乾燥しない程度に毎日行った。立木仕立てとし、摘心などの新梢管理は行わなかった。

(2) 調査項目

2013年11月に、30cm以上の新梢について、その発生本数、長さおよび基部から10cm上部の節間の直径（基部径）を測定した。主幹径は、接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を測定した。幼木を掘り上げて、新梢、旧枝（主幹部を含む）および地際より下の根部に分けて、生体重を測定した。

新梢の長さおよび基部径および生体重については、樹ごとの平均値をデータとして用い、品種ごとにt検定を行った。

3. 結果

新梢の長さは「幸水」の連作土区では60.6cmで新土区の67.4%で、「豊水」の連作区では90.3cmで新土区の82.3%で、「あきづき」の連作土区では63.5cmで新土区の60.4%で、「新高」の連作土区では61.0cmで新土区の72.1%で有意に短かった（第4表）。1樹当たりの総伸長量は「幸水」および「あきづき」の連作土区が2.4mおよび2.1mで、それぞれの新土区の64.9%および53.8%と有意に短かった。基部径は「豊水」の連作区では9.0mmで新土区の85.7%で、「あきづき」の連作土区では8.7mmで新土区の73.7%で、「新高」の連作土区では9.2mmで新土区の86.8%で有意に細かった。発生本数は有意な差が認められなかった。

主幹径は「豊水」および「あきづき」の連作土区が16.7mmおよび17.1mmで、それぞれの新土区の81.5%および83.4%と有意に細かった。

1樹当たりの生体重は、新梢では「あきづき」の連作土区では168gで新土区の43.8%と有意に軽かった（第5表）。旧枝では「あきづき」の連作土区が164gで新土区の67.2%と有意に軽かった。新梢、旧枝および根部を合計では「あきづき」の連作土区が512gで新土区の60.4%と有意に軽かった。根部では有意な差が認められなかった。

第4表 いや地現象がニホンナシ各品種の新梢および主幹径の生育に及ぼす影響

品種	処理区 ^{注1)}	新梢				主幹径 (mm)
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)	
幸水	連作土区	4.2	60.6 ^{**2)}	2.4 [*]	8.5	21.2
	新土区	4.2	89.9	3.7	9.9	21.6
豊水	連作土区	3.4	90.3 [*]	3.1	9.0 [*]	16.7 [*]
	新土区	4.2	109.6	4.5	10.5	20.5
あきづき	連作土区	3.4	63.5 ^{**}	2.1 ^{**}	8.7 ^{**}	17.1 ^{**}
	新土区	3.8	105.1	3.9	11.8	20.5
新高	連作土区	4.2	61.0 [*]	2.5	9.2 [*]	20.8
	新土区	3.4	84.1	2.9	10.6	20.2

注1) 連作土は「幸水」18年生の跡地から、新土はナシ未植栽圃場から採取し、各区5反復

2) それぞれの新土区を基準として*は5%水準で、**は1%水準で有意（t検定）

第5表 いや地現象がニホンナシ各品種の生体重に及ぼす影響

品種	処理区 ^{注1)}	新梢	旧枝	根部	合計
幸水	連作土区	172	232	304	708
	新土区	252	232	280	764
豊水	連作土区	184	164	152	500
	新土区	312	244	188	744
あきづき	連作土区	168 ^{**2)}	164 ^{**}	180	512 ^{**}
	新土区	384	244	220	848
新高	連作土区	164	188	412	764
	新土区	244	204	356	804

注1) 連作土は「幸水」18年生の跡地から，新土はナシ未植栽圃場から採取し，各区5反復

2) それぞれの新土区を基準として**は1%水準で有意（t検定）

4. 考察

第1章第1節において「幸水」栽培跡地（連作土）に定植した1年生苗木の地上部生体重は，同一圃場内の新土区に比べ「幸水」が53～64%，「あきづき」が25～68%であった。「あきづき」では，「幸水」と比べいや地現象による影響が強く見られたことから，ニホンナシにおいては品種間にいや地現象の発生程度に差がある可能性が示唆された。そこで，本節ではポットに連作土を充填し，「幸水」，「豊水」，「新高」および「あきづき」の1年生苗木でのいや地現象の発生程度を比較した。その結果，「あきづき」の連作土区は，新土区と比べ，新梢生育では長さが60.4%と短く，総伸長量が53.8%と短く，太さが73.7%と細くなり，樹全体の生体重が60.4%と軽くなった。「幸水」，「豊水」および「新高」では，それぞれの新土区と比べ，連作土区の新梢の長さが67.4～82.3%と短くなり，「幸水」では総伸長量が64.9%と短くなり，「豊水」で新梢の基部径および主幹径がそれぞれ85.7%および81.5%と細くなり，「新高」では基部径が86.8%と細くなった。これらの3品種でも部分的にはいや地現象による生育抑制の影響が確認されたが，生体重には有意な差がないことから，「あきづき」と比べいや地現象による影響が少ないと考えられた。

以上のことから，ニホンナシにおけるいや地現象の発生には品種間差があることが明らかとなり，「あきづき」では他の品種と比べて生育抑制が顕著であった。「あきづき」は，若木で比較すると「豊水」や「新高」よりも樹勢が強い品種である（壽ら，2002）が，いや地現象が発生する条件下で栽培すると品種特性が発揮できず，いや地現象の

影響を強く受け生育が抑制されると考えられる。「あきづき」は果実品質や食味が良好であり，普及が進んでいる品種であるが，生産者圃場で定植した苗木が生育不良になることが多い。その原因の一つとして，本研究で明らかになったいや地現象による生育抑制があると考えられ，対策を立てる必要がある。いや地現象を軽減させる方法としては，第3章で実施した客土を行うことが挙げられ，「あきづき」のよういや地現象による生育抑制を強く受ける品種には有効と考えられる。また，もう一つの方法としては，いや地現象の影響を受けにくい品種を中間台として利用することが考えられる。しかし，中間台木の品種の選定や「あきづき」を穂木として接いだ場合の樹体の生育や果実の成熟特性など不明な点が多く，今後さらに検討が必要である。

いや地現象による樹体生育への影響は，本試験で供試した4品種がともに，新梢の伸長が抑制されたことに現れている。新梢が短くなったことで葉数が減少し，同化産物や貯蔵養分が少なくなったと推察される。貯蔵養分の減少は，新梢の基部径や主幹径の肥大が新土区と比べ細くなったことにつながったと考えられる。また，本試験に用いた台木は，供試した4品種がともにホクシマメナシであるが，接ぎ穂した品種によって，いや地現象の発生程度が異なった。このことについて，廣田（1990）は，台木が同じでも接ぎ穂した品種によって根の伸長量や形態が異なり，「幸水」では根が細く発生量も少ないとしている。このことから，根の生体重をより詳しく調査し，いや地現象が根部に及ぼしている影響を明らかにする必要がある。

第3章 ニホンナシ改植における客土のいや地現象軽減効果およびマルチ処理の併用による幼木の生育促進効果

1. 緒言

改植したニホンナシの幼木は、いや地現象の発生により生育不良となることが多く、生産者が改植をためらう大きな要因となっている。いや地現象を軽減する対策については、新しい土壌を客土することが有効である（山口，1991）が、ニホンナシでは改植時の処理量や効果については明らかでない。また、ウメでは、いや地現象の対策として活性炭を施用した結果、改植圃場に定植した幼木で生育が改善したとの報告がある（大江ら，2010）。活性炭の施用よりも簡単な方法として、活性炭を液状にした活性炭フロアブル剤の施用が、アスパラガスでは報告されている（元木ら，2002）。

また、改植が進まない要因としては、改植してから結実するまで長期間を要することも大きい。そのため、定植した幼木の生育を良好にして、初結実までの期間を短縮し、成園化を促進する技術が必要である。第4章第3節では、苗木圃場で2年間育成したニホンナシ大苗を用いた早期成園化技術について検討し、定植後にポリエチレンフィルムで主幹を中心に地表面を被覆（以下、マルチ処理）すると、新梢の生育が良好になり、樹冠拡大が促進されることを明らかにしている（戸谷ら，2011）。

そこで、本章ではニホンナシの改植時に客土や活性炭および活性炭フロアブル剤の施用によるいや地現象の軽減効果を検証した。さらに、改植時の客土とマルチ処理の併用によるニホンナシ幼木の生育促進効果を検証した。

2. 材料および方法

(1) 客土、活性炭および活性炭フロアブル剤の施用によるいや地現象軽減効果の検討（試験1）

1) 処理区の設定

千葉県農林総合研究センター内のニホンナシ改植圃場（千葉県千葉市、腐植質普通黒ボク土）において試験を実施した。2009年11月に、7m×7mの間隔で植栽された28年生の「幸水」3樹および32年生の「新高」2樹（それぞれ4本主枝折衷式平棚仕立て）の計5樹を伐採し、主幹を中心に縦横1.5m、深さ60cmの範囲で根を取り除いた後に、上下層が混和されないように元通りに埋め戻した。それぞれの主幹位置を中心に1.5m離れた円周上に等間隔で縦横1m、深さ60cmの穴を1樹当たり4か所掘り上げ、各々を客土区、活性炭区、フロアブル区および無処理区に用いて各区5反復とした。客土区は、同センター内のニホンナシ未植栽圃場（野菜類の栽培圃場、腐植質普通黒ボク土）の土壌600L/穴で埋め戻した。活性炭区は、活性炭（味の素ファインテクノ）8.5kg/穴（体積比2.8%）を掘り上げた土壌に混和して埋め戻した。フロアブル区および無処理区は、

掘り上げた土壌で埋め戻した。埋め戻しの際に、すべての区に苦土石灰800g/穴、BM115熔りん500g/穴、微量元素入り硫酸苦土（苦土:マンガン:ホウ素=15:0.5:0.2）320g/穴を、また活性炭区以外の処理区においてはパーク堆肥20L/穴を深さ30cmと60cmの2層に分けて施用した。

2010年1月に、土壌が移動しないように縦横40cm、深さ40cmの植え穴を掘り、「幸水」の1年生苗木（ホクシマメナシ台）を定植した。定植直後、フロアブル区は活性炭フロアブル剤（活性炭の水分散液で活性炭含有率20%、大塚アグリテクノ）を水で100倍に希釈したものを20L/穴を、フロアブル区以外の処理区は水を20L/穴をかん注した。

ニホンナシ樹の仕立ては4本主枝折衷式平棚仕立てとし、2010年は5～6葉展葉した時期に主枝となる4本以外の新梢を残して先端を摘心し、その後発生した新梢も5～6葉残して先端を適宜摘心した。せん定は、高い位置から発生した生育が強い主枝を20%程度と弱く、低い位置から発生した生育が弱い主枝を50%程度と強くせん除した。施肥やかん水などの栽培管理は常法に準じて行った。2011年は、5～6葉展葉した時期に、主枝および側枝として使用する新梢を残して先端を摘心し、その後発生した新梢も主枝および側枝に使用しないものは5～6葉残して先端を適宜摘心した。

2) 土壌分析

客土に用いた土壌と試験圃場の土壌を2009年11月に採取し、化学性を分析した。客土については無作為に3か所から、試験圃場については無処理区の処理穴中央部の3か所の深さ20～40cmから土壌を採取した。pHはガラス電極法、無機態窒素は10%塩化カリウム抽出法、可給態リン酸はトルオグ法、CECおよび交換性陽イオンはショーレンベルガー法で分析した。

3) 調査項目

2010年の落葉期に、主枝候補として残した新梢について長さおよび基部から10cm上部の節間の直径（基部径）を測定した。2011年の落葉期に、主枝上に発生した30cm以上の新梢について、その発生本数、長さおよび基部から10cm上部の節間の直径（基部径）を測定した。また、2010年および2011年の落葉期に、主幹径として、接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を測定した。2011年11月にはせん定前の幼木を掘り上げて、新梢、旧枝（主幹部を含む）および地際より下の根部に分けて、生体重を測定した。新梢の長さおよび基部径および生体重については、樹ごとの平均値をデータとして用いた。なお、2010年は無処理区で、2011年は活性炭区およびフロアブル区で、それぞれ1樹が白紋羽病で枯死したためデータから除外した。

(2) 客土とマルチ処理の併用による生育促進効果の検討 (試験2)

1) 処理区の設定

試験は、同センター内のニホンナシ圃場（腐植質普通黒ボク土）で実施した。2010年11月に、7m×7mの間隔で植栽された38年生の「幸水」（4本主枝折衷式平棚仕立て）5樹を伐採し、主幹を中心に縦横1.5m、深さ60cmの範囲で根を取り除いた後に、上下層が混和されないように元通りに埋め戻した。それぞれの主幹位置を中心に1.5m離れた円周上に縦横1m、深さ60cmの穴を1樹当たり3か所掘り上げ、各々を客土とマルチ処理の併用区（以下併用区とする）、客土区および無処理区に用いて各区5反復とした。併用区および客土区は、試験1と同じニホンナシ未植栽圃場の土壌（2009年11月に採取後ビニルシートで覆って保存）600L/穴で埋め戻した。無処理区は、掘り上げた土壌で埋め戻した。埋め戻しの際には、すべての区にバーク堆肥、苦土石灰、BM115熔りんおよび微量要素入り硫酸苦土を試験1と同様に施用した。2010年12月に、土壌が移動しないように縦横40cm、深さ40cmの植え穴を掘り、「幸水」の1年生苗木（ホクシマメナシ台）を定植した。

併用区は、2011年4月22日～11月30日および2012年4月23日～11月30日の期間、ポリエチレンフィルム（厚さ0.02mm、透明）で地表面を被覆した。客土区および無処理区は、同期間について稲わらで地表面を被覆した。被覆の範囲は、すべての区において、2011年が主幹を中心に縦横0.5m、2012年が縦横1mとした。

定植後の施肥は、年間の窒素分量で2011年が100g/樹、2012年が200g/樹とした。客土区および無処理区は高度複合ナシ専用（窒素:リン酸:加里=12:14:7、太平物産(株)製）を用い、年6回に分けて施用した。併用区では、マルチ処理を行っている期間は施肥が困難なため、その期間の施肥を省略できる被覆肥料を用いた。すなわち、被覆燐硝安加里424（窒素:リン酸:加里=14:12:14、溶出期間270日、ジ

ェイカムアグリ(株)製）を用いて、年間窒素分量の内70%を被覆時に施用し、残りは高度複合ナシ専用を用いて被覆前の3月と除去後の12月に施用した。

ニホンナシの樹の仕立ては4本主枝折衷式平棚仕立てとし、2011年の新梢摘心やせん定は試験1と同様とした。かん水などの栽培管理は常法に準じて行った。

2) 土壌分析

試験圃場の土壌を、抜根後の2010年11月に試験1と同様に採取し、化学性を分析した。なお、客土に用いた土壌については、試験1で得られた分析データを用いた。

3) 調査項目

2011年の落葉期には、試験1と同様に、主枝候補として残した新梢について長さおよび基部径および主幹径を測定した。2012年の落葉期には、試験1と同様に、主枝上に発生した新梢の本数、長さおよび基部径と主幹径を測定した。2012年11月に主枝のせん定前の長さおよび旧枝の基部から10cm上部の節間の直径（基部径）を測定した。その後、せん定前の幼木を堀上げて、試験1と同様に生体重を測定した。

3. 結果

(1) 客土、活性炭および活性炭フロアブル剤の施用によるいや地現象軽減効果の検討 (試験1)

1) 定植1年目の生育

客土した土壌の化学性は、試験圃場の土壌と比べて有意な差が認められなかった（第6表）。

新梢の総伸長量は、客土区が6.1m/樹であり、無処理区の3.4m/樹と比べ有意に大きかった（第7表）。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。発生本数は、主枝となる4本以外の新梢を残して先端を摘心し、その後発生した新梢も適宜摘心したため、処理区間に有意な差が認められなかった。長さ、基部径および主幹径は、処理区間に有意な差が認められなかった。

第6表 客土した土壌と各試験圃場の土壌化学性

	pH	無機態窒素 (mg/100g)	可給態 リン酸 (mg/100g)	交換性陽イオン(mg/100g)			CEC (me/100g)	
				CaO	MgO	K ₂ O		
試験1	客土した土壌 ^{注1)}	6.6	1.5	5.2	490	82.2	58.8	33.1
	試験ほ場の土壌	6.6	1.9	5.3	411	98.2	65.8	31.4
	有意性 ²⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
試験2	客土した土壌	6.6	1.5	5.2	490	82.2	58.8	33.1
	試験ほ場の土壌	6.6	4.7	12.4	596	98.9	70.6	48.5
	有意性	ns	ns	**	ns	ns	ns	**

注1) 客土については2009年11月に無作為に3か所から、各試験圃場については2009年11月および2010年11月にそれぞれの無処理区の処理穴中央部の3か所の深さ20～40cmから土壌を採取した

2) t検定により、客土した土壌と各試験圃場の土壌との間に、nsは有意差がないことを、**は1%水準の有意差がある

第7表 改植時の処理が定植1年目の「幸水」幼木の新梢生育および主幹径に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	新梢				主幹径 (mm)
	発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)	
客土	3.8	160.6	6.1 ^{*2)}	12.5	26.9
活性炭	4.0	111.8	4.5	10.8	26.0
フロアブル	3.8	110.6	4.2	10.9	23.3
無処理	3.0	112.9	3.4	10.9	23.9
	ns	ns		ns	ns

注1) 無処理区は4反復, その他の処理区は5反復

- 2) Dunnettの多重比較法により, 無処理区との間に, nsは有意差がないことを,
*は5%水準の有意差がある

第8表 改植時の処理が定植2年目の「幸水」幼木の新梢生育および主幹径に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	新梢				主幹径 (mm)
	発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)	
客土	15.0 ^{*2)}	108.8	16.0 [*]	12.0	43.3 [*]
活性炭	12.0	119.0	14.0	12.6	39.0
フロアブル	9.8	104.9	10.3	11.7	33.1
無処理	9.3	118.4	10.9	12.8	32.3
		ns		ns	

注1) 客土区は5反復, その他の処理区は4反復

- 2) Dunnettの多重比較法により, 無処理区との間にnsは有意差がないことを,
*は5%水準の有意差がある

第9表 改植時の処理が定植2年目の「幸水」幼木の生体重に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	生体重 (kg/樹)			
	新梢	旧枝	根部	合計
客土	1.66	2.28 ^{*2)}	2.81 [*]	6.74 [*]
活性炭	1.53	1.78	2.17	5.48
フロアブル	0.97	1.23	1.66	3.85
無処理	1.07	1.33	1.56	3.96
	ns			

注1) 客土区は5反復, その他の処理区は4反復

- 2) Dunnettの多重比較法により, 無処理区との間にnsは
有意差がないことを, *は5%水準の有意差がある

2) 定植2年目の生育

新梢の発生本数は, 客土区が15.0本/樹であり, 無処理区の9.3本/樹と比べ有意に多かった(第8表)。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。総伸長量は, 客土区が16.0m/樹であり, 無処理区の10.9m/樹と比べ有意に大きかった。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。長さおよび基部径は, 処理区間に有意な差が認められなかった。主幹径は, 客土区が43.3mmであり, 無処理区の32.3mmと比べ有意に太かった。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。

生体重は, 新梢では処理区間に有意な差が認められなかった(第9表)。旧枝では, 客土区が2.28kg/樹であり, 無処理区の1.33kg/樹と比べ有意に重かった。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。根部では, 客土区が2.81kg/樹であり, 無処理区の1.56kg/樹と比べ有意に重かった。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。新梢および旧枝, 根部の合計は, 客土区が6.74kg/樹であり, 無処理区の3.96kg/樹と比べ有意に重かった。活性炭区およびフロアブル区は無処理区と比べ有意な差が認められなかった。

(2) 客土とマルチ処理の併用による生育促進効果の検討
(試験2)

1) 定植1年目の生育

客土した土壌の化学性は、試験圃場の土壌と比べ可給態リン酸とCEC以外の項目で有意な差が認められなかった(第6表)。

新梢の発生本数は、併用区では4.0本/樹で無処理区の3.2本/樹と比べ有意に多かったが、客土区では無処理区と比べ有意な差が認められなかった(第10表)。なお、発生本数は、主枝となる4本以外の新梢を残して先端を摘心したが、無処理区では新梢の発生が少なく、目標とする主枝数を確保できなかった。長さは、併用区および客土区が132.1cmおよび112.5cmで、無処理区の65.7cmと比べ有意に長かった。総伸長量は、併用区が5.3m/樹で有意に最も大きく、次いで客土区が4.2m/樹で無処理区の2.1m/樹と比べ有意に大きかった。基部径は、併用区が13.1mmで無処理区の8.4mmと比べ有意に太かったが、客土区では無処理区と比べ有意な差が認められなかった。主幹径は、併用区が26.9mmあり、客土区および無処理区の22.9mmおよび19.2mmと比べ有意に太かった。

2) 定植2年目の生育

主枝上の新梢の発生本数は、併用区が17.5本/樹で有意に最も多く、次いで客土区が12.0本/樹で無処理区の7.2本/樹と比べ有意に多かった(第11表)。総伸長量は、併用区が16.3m/樹で有意に最も大きく、次いで客土区が11.5m/樹で無処理区の5.6m/樹と比べ有意に大きかった。新梢の長さおよび基部径は、処理区間に有意な差が認められなかった。主枝長は、併用区および客土区が197.6cmおよび167.7cmであり、無処理区の112.0cmと比べ有意に長かった。主枝の基部径は、併用区および客土区が18.1mmおよび16.9mmであり、無処理区の13.4mmと比べ有意に太かった。主幹径は、併用区および客土区が33.2mmおよび33.0mmであり、無処理区の27.3mmと比べ有意に太かった。

生体重は、新梢では併用区および客土区が0.97kg/樹および0.84kg/樹で、無処理区の0.33kg/樹と比べ有意に重かった(第12表、写真5)。旧枝では、併用区および客土区が1.79kg/樹および1.54kg/樹で、無処理区の0.77kg/樹と比べ有意に重かった。根部では、併用区および客土区が0.89kg/樹および0.79kg/樹で、無処理区の0.49kg/樹と比べ有意に重かった。新梢、旧枝および根部の合計では、併用区および客土区が3.65kg/樹および3.17kg/樹で、無処理区の1.58kg/樹と比べ有意に重かった。

第10表 客土および客土とマルチ処理の併用が定植1年目の「幸水」幼木の
新梢生育および主幹径に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	新梢				主幹径 (mm)
	発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)	
併用	4.0 b ²⁾	132.1 b	5.3 c	13.1 b	26.9 b
客土	3.8 ab	112.5 b	4.2 b	11.3 ab	22.9 a
無処理	3.2 a	65.7 a	2.1 a	8.4 a	19.2 a

注1) 併用区は4反復、その他の処理区は5反復

2) 異符号の値にはTukeyの多重比較法により5%水準の有意差がある

第11表 客土および客土とマルチ処理の併用が定植2年目の「幸水」幼木の主枝上に発生した新梢生育、主枝生育および
主幹径に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	新梢				主枝		主幹径 (mm)
	発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)	長さ (cm)	基部径 (mm)	
併用	17.5 c ²⁾	94.4 a	16.3 c	9.7 a	197.6 b	18.1 b	33.2 b
客土	12.0 b	96.1 a	11.5 b	9.7 a	167.7 b	16.9 b	33.0 b
無処理	7.2 a	76.5 a	5.6 a	9.3 a	112.0 a	13.4 a	27.3 a

注1) 併用区は4反復、その他の処理区は5反復

2) 異符号の値にはTukeyの多重比較法により5%水準の有意差がある

第12表 客土および客土とマルチ処理の併用が定植2年目の「幸水」幼木の生体重に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	生体重 (kg/樹)			
	新梢	旧枝	根部	合計
併用	0.97 b ²⁾	1.79 b	0.89 b	3.65 b
客土	0.84 b	1.54 b	0.79 b	3.17 b
無処理	0.33 a	0.77 a	0.49 a	1.58 a

注1) 併用区は4反復，その他の処理区は5反復

2) 異符号の値にはTukeyの多重比較法により5%水準の有意差がある



写真5 定植2年目の「幸水」幼木の生育
注) 左：客土区，中央：併用区，右：無処理区

4. 考察

果樹の中でいや地現象が発生しやすいとされるモモでは、改植圃場での幼木の生育が新植圃場に定植した場合に比べ32~68%になると報告されている(平野・森岡, 1971)。ニホンナシでも改植圃場に定植した幼木の生体重は、新植圃場に定植した幼木と比べ「幸水」が53%、「あきづき」が25%と著しく生育が劣り、いや地現象が発生することが報告されている(戸谷ら, 2012)。いや地現象の対策としては、前作樹の根をできるだけ取り除くことや定植位置をずらすこと、肥料や堆肥を多く施用すること、土壤消毒を行うことが常法として挙げられる(山口, 1991)。これまでに著者らは、ニホンナシ改植圃場でのいや地現象の発生要因について検討し、土壤理化学性の関与が小さいことやダズメット微粒剤による土壤消毒では効果がなく土壤害虫の関与が小さいと推定されること、また対策として定植位置をずらす方法も効果がないことを明らかにした(戸谷ら, 2012)。いや地現象の原因は、モモやウメでは前作樹の根に由来する青酸配糖体の分解物とされ、これらが後作の幼木の根の呼吸を阻害することが報告されている(水谷ら, 1977; 大江ら, 2003)。ニホンナシでは、阻害物質の同定には至っていないが、根の水抽出液をニホンナシの幼木にかん注すると新梢の発生本数が無処理の70.5%になることが報告されている(平野・森岡, 1964)。そこで、本試験の試験1では、いや地現象の原因と考えられる前作樹の根や蓄積している可能性がある原因物質を土壤ごと取り除き、ニホンナシ未植栽土壤と入れ替える客土を行った。その結果、客土区の新梢の生育は、定植1年目では総伸長量が無処理区の1.8倍に、定植2年目では発生本数および総伸長量が1.6倍および1.5倍になり、生育が促進された。また、生体重については無処理区の1.7倍となった。改植圃場と新植圃場に同時期にニホンナシの幼木を定植して2年間栽培した試験事例でも、新植圃場の地上部生体重は改植圃場の1.7倍であったことから(戸谷ら, 2012)、客土によって新植圃場に定植した場合と同程度の生育量を確保できることが明らかになった。また、客土の効果については、モモにおいてはブドウ園の土壤を

客土することで新梢の生育が促進されることが報告されている(浅野ら, 2003)。本試験においては、野菜類の栽培圃場の土壤を客土に用いたが、同様に新梢の生育が促進された。これらのことから、ニホンナシにおいてもいや地現象を軽減する対策として、ニホンナシ未植栽土壤の客土が有効であることが明らかになった。なお、本試験では客土する土壤量は600 L/穴としたが、さらに生産者が容易に行うためには、今後客土量の削減について検討する必要がある。また、客土する場合は土壤pHなどの化学性を分析し、ニホンナシ栽培に適した条件に調整する必要がある。

一方、活性炭区やフロアブル区の幼木の生育は無処理区と比べ有意差が認められなかった。活性炭は、ポットや改植圃場に定植したウメ幼木で生育促進効果が確認されており、その混和量は1%が適当であると報告されている(大江ら, 2010)。一方、モモでは、改植圃場の土壤に活性炭を1%混和したポット試験では安定した生育促進効果が得られておらず、植え穴(縦横1m, 深さ30cm)に活性炭を2kg混和した圃場試験でも生育促進効果が認められなかった(和中・堀田, 2011)。本試験では、縦横1m, 深さ60cmの植え穴に活性炭8.5kg(体積比2.8%)を混和したが、モモの場合と同様に生育促進効果が認められなかった。モモでは、いや地現象の原因として土壤微生物、アレロパシー物質および土壤水分状態などの複合的な要因が関与している可能性が示唆されている(和中・堀田, 2011)。ニホンナシにおいては、いや地現象を引き起こす要因が未解明で、活性炭による吸着の可否も不明なため、今後さらなる研究を行って明らかにする必要がある。また、活性炭フロアブル剤は、ウメのポット栽培では、50倍に希釈し5 L/ポットをかん注したが効果がなかった(大江ら, 2009)。本試験でも活性炭フロアブル剤を水で100倍に希釈したもの20 L/穴をかん注したが、効果が認められなかった。以上のことから、ニホンナシにおいて活性炭および活性炭フロアブル剤は、いや地現象を軽減する効果が認められず、いや地現象を引き起こす要因を土壤ごと取り除く客土処理が確実な方法であると考えられる。

さらに、生産者に対して改植を促すためには、客土によ

るいや地現象の軽減に加えて、幼木の生育を促進する技術が必要である。そこで、本試験の試験2において客土に加えてマルチ処理を行ったところ、著者らがニホンナシ大苗を用いて行った試験同様（戸谷ら，2011），定植2年目では新梢の発生本数が客土の単独処理と比べ1.5倍に、総伸長量も1.4倍に促進された。新梢の長さや主枝長に対する伸長促進効果は認められなかったが、マルチ処理は新梢の発生本数を増加させたことから、側枝候補の確保が容易になり、結果として早期結実に繋がるものと判断された。なお、ニホンナシ大苗定植後にマルチ処理を行うと、根が最も伸長する時期における地温が根の生育に好適な20℃前後に維持されるため、新梢の伸長が促されることを明らかにしている（戸谷ら，2011）。カキにおいても苗木の

定植時に栽植位置をマルチ処理（透明，厚さ0.05mm）すると、敷わらと比べ発根が早く、新根の発生量が多くなり、樹の生育が向上したことが報告されている（猪崎，1986）。本試験では、根部の生体重に併用区と客土区で有意な差は見られていないが、地上部の生育については増加する結果を得ることができたことから、マルチ処理による地温上昇の効果と考えられる。

以上の結果から、ニホンナシ改植圃場におけるいや地現象を軽減するためには、客土処理が有効であることが明らかになった。また、客土にマルチ処理を併用することで幼木の生育が促進され、成園化を早めることが可能と考えられた。

第4章 ニホンナシ幼木の生育促進技術の開発

第1節 マルチ処理によるニホンナシ幼木の生育促進効果

1. 緒言

産地では1年生苗木を定植してから成木となり収量が増加するまでには、7～8年もの長期間を要することから、収益の減少が問題となっている。この問題を解決するためには定植した幼木の新梢や根の生育を増大させ、初結実までの期間を短縮し、成園化を促進することが必要である。しかし、充実した1年生苗木を定植して、かん水や施肥等の管理を適切に行っても、新梢の生育不良が起こることが多い。特に、改植圃場ではいや地現象が発生するため、初期生育が著しく悪くなることがある（戸谷ら、2012）。そこで、ニホンナシの改植および新植を促進し産地の生産力を維持するためには、定植した幼木の生育を促進させる技術の開発が必要である。

第3章では、いや地現象を軽減するための客土にマルチ処理を併用することで、新梢の生育が客土単独区より増大したことを明らかにしている。このことから、マルチ処理は、新梢の生育を増大させることで初期生育を促進し、改植を推進する技術の一つとなる可能性がある。しかし、この技術を検証するとともに、生産者の圃場に導入するためには、以下の2つの課題がある。1つ目は、マルチ処理で幼木の生育が向上する要因が明らかでないことである。これまでに要因の一つとして地温が高いことで根の活性が高まること（戸谷ら、2011）を挙げているが、細根の発生状況や新梢の伸長時期などの詳細な樹体生育や、硝酸態窒素などの環境要因については精査されていない。また、幼木の生育は、摘心、新梢誘引およびせん定など人為的な栽培管理によって大きな影響を受けるため、それらの処理を加えないで幼木の生育を観察する必要がある。そこで試験1では、1年生苗木を定植後、放任で1年間栽培を行い、マルチ処理が樹体生育に与える影響を詳細に調査するとともに、土壤中の窒素量等の環境要因について分析した。2つ目は、改植に用いることが多い1年生苗木を用いて、いや地現象が発生しない条件下で、マルチ処理を単独で行いその効果を実証した事例がないことである。そこで、試験2では1年生苗木に3年連続してマルチ処理を行い、幼木の生育に対する効果を検証した。

2. 材料および方法

(1) マルチ処理で幼木の生育が促進される要因

1) 定植の方法

千葉県農林総合研究センター内のニホンナシ圃場（千葉県千葉市、腐植質普通黒ボク土、1997年にニホンナシを伐採後17年間放置）において試験を実施した。

定植位置は4m×4mの間隔に設け、それぞれに縦横100cm、深さ60cmの穴を2014年11月に掘り上げ、苦土石灰質

肥料800g/穴、リン酸肥料500g/穴および微量要素入り硫酸苦土（苦土:マンガン:ホウ素=15:0.5:0.2）320g/穴を、深さ30cmと60cmの2層に分けて施用後、掘り上げた土壌で上下層が混和されないように埋め戻した。「幸水」1年生苗木（ホクシマメナシ台）を、縦横40cm、深さ40cmの植え穴を掘り、2015年1月に定植した。苗木は、定植直後に、接ぎ木部から100cmの長さになるように切り返した。

2) 処理区の設定

試験は、ポリマルチで被覆した区（以下マルチ区とする）および無処理区を設定し、各区6反復とした。

マルチ区は、ポリエチレンフィルム（厚さ0.02mm、透明）で地表面を2015年4月21日～11月26日の期間、被覆した。無処理区は、同期間中、稲わらで地表面を被覆した。被覆の範囲は、全ての区において、主幹を中心に縦横0.5mとした。

3) 栽培の概要

定植後の施肥は、両区とも同じとし、3月に高度複合ナシ専用を窒素成分量で10g/樹、4月21日の被覆時に被覆燐硝酸加里413（窒素14%-リン酸11%-加里13%、溶出期間270日）を窒素成分量で70g/樹を施用した。立ち木仕立てとし、新梢の摘心や誘引は行わなかった。

4) 調査項目

調査は、新梢（発生本数、長さおよび基部径）、主幹径および葉（葉数および葉色）の生育を被覆後40日から220日まで30日おきに測定した。新梢は長さ15cm以上を調査対象とした。総伸長量は発生本数に長さを掛け合せて算出した。基部径は基部から10cm上部の節間を測定した。主幹径は接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を測定した。葉色は各樹20枚の果そう葉を葉緑素計（MINOLTA社製、SPAD-502）で測定した。

樹の乾物重は70日と220日に各区3樹ずつ掘り上げて、新梢、旧枝（主幹部を含む）、地際より下の根幹および根を直径2mm未満、2mm以上5mm未満、5mm以上10mm未満、10mm以上20mm未満に分け、90℃で1週間乾燥後に測定した。新梢、主幹径、葉および乾燥重については、樹ごとの平均値をt検定した。

地温は各樹1か所ずつ3反復で、樹の主幹から30cm離れた場所の深さ20cmの位置にセンサー（TR-0506）を埋設し、サーモレコーダー（T&D社製RS-11）で、4月21日～11月26日の期間、毎正時ごとに測定した。なお、8月20日～9月19日の期間は測定器の故障のため反復がとれなかった。土壌水分は各樹1か所ずつ3反復で、樹の主幹から30cm離れた場所の深さ20cmの位置にセンサー（EC-5）を埋設し、土壌水分計（Decagon社製ECHOロガー）で、4月23日～11月17日の期間、毎正時ごとに測定した。硝酸態窒素は各樹1か所ずつ3反復で、主幹から30cm離れた深さ20～40cmから土壌を被覆当日および被覆後40日から30日ごとに採取し、10%塩化カリウム抽出法で分析後、t検定

した。

(2) マルチ処理が1年生苗木の生育に及ぼす影響

1) 定植の方法

千葉県農林総合研究センター内のニホンナシ圃場(千葉県千葉市, 腐植質普通黒ボク土, 1997年にニホンナシを伐採後13年間放置)において試験を実施した。

定植位置は4m×4mの間隔に設け, それぞれに縦横100cm, 深さ60cmの穴を2010年11月に掘り上げ, 試験1と同様に土壌改良した。「幸水」1年生苗木(ホクシマメナシ台)を, 縦横40cm, 深さ40cmの植え穴を掘り, 2010年12月に定植した。苗木は, 定植直後に, 接ぎ木部から100cmの長さになるように切り返した。

2) 処理区の設定

試験は, ポリマルチで被覆した区(以下マルチ区とする)および無処理区を設定し, 各区5反復とした。

マルチ区は, 試験1と同様にポリエチレンフィルムで地表面を2011年4月25日～11月30日, 2012年4月25日～11月30日および2013年4月26日～11月30日の期間, 被覆した。無処理区は, 同期間中, 稲わらで地表面を被覆した。被覆の範囲は, 両区とも2011年が主幹を中心に縦横0.5m, 2012年が縦横1m, 2013年が縦横1.5mとした。

3) 栽培の概要

定植後の施肥は, 年間の窒素成分量で2011年が100g/樹, 2012年が200g/樹, 2013年が300g/樹とした。マルチ区では, マルチ処理を行っている期間は施肥が困難なため, 被覆燐硝安加里424(窒素:リン酸:加里=14:12:14, 溶出期間270日)を用いて, 年間窒素成分量の内70%を被覆時に施用し, 残りは高度複合ナシ専用を用いて被覆前の3月と除去後の12月に施用した。無処理区は, 高度複合ナシ専用(窒素:リン酸:加里=12:14:7)を用い, 年6回に分けて施用した。

樹の仕立ては, 4本主枝折衷式平棚仕立てとした。2011年の新梢管理は, 主枝候補枝を養成するため5～6葉展葉した時期に主枝候補となる4本以外の新梢の先端を摘心し, その後発生した新梢も5～6葉残して先端を適宜摘心した。かん水は, 2011年2～4月が2週間に1回程度, 5～11月が1か月に1回程度の割合で20L/樹を行った。冬季せん定は, 主幹の高い位置から発生した生育が強い主枝を20%程度と弱く, 低い位置から発生した生育が弱い主枝を50%程度と強くせん除した。2012年および2013年の新梢管理は, 5～6葉展葉した時期に, 主枝および側枝として使用する新梢を残して先端を摘心し, その後発生した新梢も主枝および側枝に使用しないものは5～6葉残して先端を適宜摘心した。2012年の冬季せん定および2012～2013年のかん水などの栽培管理は, 常法に準じて行った。なお, せん定量は, マルチ区および無処理区では2011年が0.2kg/樹および0.3kg/樹であり, 2012年が1.0kg/樹および0.7kg/樹であり, 両年とも処理区間に有意な差がなかった。

4) 調査項目

新梢の生育は, 定植1年目には主枝候補として残した新梢の長さおよび基部から10cm上部の節間の基部径を, せ

ん定前の2011年11月に測定した。定植2, 3年目には, 長さ30cm以上の新梢の発生本数, 長さおよび基部から10cm上部の節間の基部径を, せん定前の2012年および2013年の11月に測定した。また, 総伸長量は発生本数に長さを掛け合せて算出した。

主枝の生育は, 主枝長として新梢に旧枝を併せた主枝全体の長さを, 主枝基部径として旧枝の基部から10cm上部の節間の直径を, せん定前の2012年および2013年の11月に測定した。

主幹径は, 接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を, 2011年, 2012年および2013年の11月に測定した。

生体重は, せん定前の幼木を掘り上げて, 新梢, 旧枝(主幹部を含む)および地際より下の根部に分けて, 2013年12月に測定した。新梢, 主枝, 主幹径および生体重については, 樹ごとの平均値をt検定した。

3. 結果

(1) マルチ処理で幼木の生育が促進される要因

新梢の生育は, 長さでは被覆後40日にマルチ区が74.4cmであり, 無処理区の49.8cmに比べ有意に長く, その後もマルチ区が無処理区と比べ有意に長かった(第13表)。総伸長量は, 被覆後40日にマルチ区が3.5m/樹であり, 無処理区の2.0m/樹と比べ有意に長く, その後もマルチ区が無処理区と比べ有意に長かった。基部径は, 被覆後100日にマルチ区が10.3mmであり, 無処理区の8.8mmと比べ有意に太く, その後もマルチ区が無処理区と比べ有意に太かった。発生本数は処理区間に有意な差がなかった。

主幹径は, 被覆後160日にマルチ区が24.6mmであり, 無処理区の21.5mmと比べ有意に太く, その後もマルチ区が無処理区と比べ有意に太かった。

葉の生育は, 葉数では被覆後40日にマルチ区が86.0枚/樹であり, 無処理区の58.0枚/樹と比べ有意に多く, その後もマルチ区が無処理区と比べ有意に多かった。葉色は処理区間に有意な差がなかった。

被覆後70日の乾物重は, 葉および直径5～2mmと2mm未満の細根では, マルチ区が81.8g/樹および16.3g/樹と13.3g/樹であり, 無処理区の42.7g/樹および7.2g/樹と7.3g/樹に比べ有意に重かった(第14表)。なお, 被覆後70日に抜いた幼木の生育は, 新梢の総伸長量や葉数において, マルチ区が無処理区に比べ有意に増大していた(第15表)。被覆後220日の乾物重は, 新梢および旧枝ではマルチ区が234.0g/樹および273.9g/樹であり, 無処理区の109.7g/樹および188.0g/樹と比べ有意に重かった(第14表, 写真6)。また, 直径10～5mm, 5～2mmおよび2mm未満の細根ではマルチ区が53.1g/樹と33.0g/樹および19.1g/樹であり, 無処理区の23.8g/樹と19.6g/樹および9.6g/樹と比べ有意に重かった。

地温は, マルチ区では被覆後～被覆後40日の平均が21.7℃であり, 無処理区の18.3℃と比べ3.4℃高くなったが, 7月上旬以降では無処理区と同程度となった(第6図)。体積水分率は, 被覆直後～7月中旬までは処理区間に差がなか

ったが、7月下旬以降ではマルチ区が無処理区と比べ低く推移した(第7図)。硝酸態窒素は、被覆後40日および被覆後70日にはマルチ区が14.6mg/100gおよび15.7mg/100g

であり、無処理区の4.9mg/100gおよび3.5mg/100gと比べ有意に高く、被覆後160日まではマルチ区が無処理区と比べ有意に高かった(第16表)。

第13表 マルチ処理による「幸水」1年生苗木の新梢、葉および主幹径の生育の推移
(11月に抜根した幼木)

被覆後 日数	処理区 ^{注1)}	新梢 ³⁾				葉数 (枚/樹)	葉色 (SPAD値)	主幹径 (mm)
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 ⁴⁾ (m/樹)	基部径 (mm)			
40日	マルチ	4.7	74.4	3.5	6.7	86.0	46.7	15.1
	無処理	4.0	49.8	2.0	6.1	58.0	44.3	15.3
	有意性 ²⁾	ns	*	**	ns	*	ns	ns
70日	マルチ	4.7	88.8	4.2	8.3	104.0	49.0	17.8
	無処理	4.0	65.7	2.6	7.2	77.0	46.7	17.3
	有意性	ns	**	*	ns	**	ns	ns
100日	マルチ	4.7	93.1	4.3	10.3	140.3	50.5	21.0
	無処理	4.0	69.8	2.8	8.8	91.0	46.7	19.6
	有意性	ns	*	*	**	**	ns	ns
130日	マルチ	4.7	117.7	5.5	10.8	142.7	53.2	23.0
	無処理	4.0	83.8	3.4	9.6	88.7	50.6	20.9
	有意性	ns	*	*	**	*	ns	ns
160日	マルチ	4.7	118.2	5.5	11.6	106.0	51.2	24.6
	無処理	4.0	83.6	3.5	10.0	72.3	50.4	21.5
	有意性	ns	*	*	**	*	ns	*
190日	マルチ	4.7	118.2	5.5	11.7	91.7	47.2	25.1
	無処理	4.0	87.9	3.5	10.5	58.7	45.7	21.7
	有意性	ns	*	*	*	*	ns	*
220日	マルチ	4.7	118.5	5.6	11.8	-	-	25.1
	無処理	4.0	88.7	3.5	10.6	-	-	21.7
	有意性	ns	*	*	**	-	-	*

注1) 処理区は各3反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを、*は5%水準の有意差があることを、**は1%水準の有意差があることを示す

3) 15cm以上の長さの新梢を調査

4) 総伸長量は発生本数に長さを掛け合わせて算出

第14表 マルチ処理が「幸水」1年生苗木の乾物重に及ぼす影響

被覆後 日数	処理区 ^{注1)}	新梢	旧枝	葉	根幹	根部			
						20~10mm	10~5mm	5~2mm	2mm以下
70日	マルチ	92.7	175.9	81.8	56.9	34.6	21.6	16.3	13.3
	無処理	47.3	138.0	42.7	43.1	21.2	12.6	7.2	7.3
	有意性 ²⁾	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*
220日	マルチ	234.0	273.9	-	99.7	56.9	53.1	33.0	19.1
	無処理	109.7	188.0	-	72.8	55.2	23.8	19.6	9.6
	有意性	**	*	-	ns	ns	**	*	**

注1) 処理区は各区3反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを、*は5%水準の有意差があることを、**は1%水準の有意差があることを示す



写真6 マルチ区(左)と無処理区(右)の抜いた幼木

第15表 マルチ処理による「幸水」1年生苗木の新梢、葉および主幹径の生育の推移
(6月に抜根した幼木)

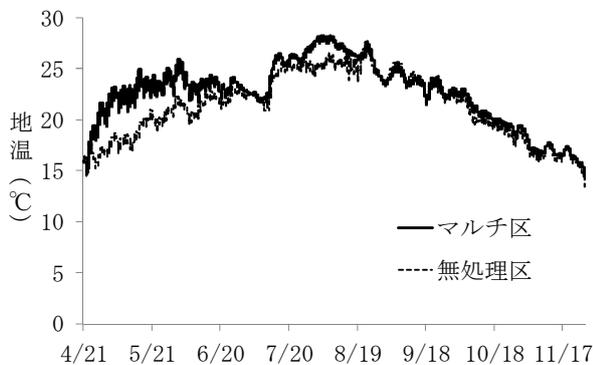
被覆後 日数	処理区 ^{注1)}	新梢 ³⁾				葉数 (枚/樹)	葉色 (SPAD値)	主幹径 (mm)
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)			
40日	マルチ	8.0	51.6	4.1	5.7	99.0	45.9	15.4
	無処理	4.7	36.4	1.6	5.6	52.0	41.7	13.9
	有意性 ²⁾	ns	ns	**	ns	*	*	ns
70日	マルチ	8.0	58.7	4.8	7.0	135.7	47.0	17.5
	無処理	4.7	53.3	2.3	6.0	63.0	45.5	14.9
	有意性	ns	ns	*	ns	*	ns	ns

注1) 処理区は各3反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを，*は5%水準の有意差があることを，**は1%水準の有意差があることを示す

3) 15cm以上の長さの新梢を調査

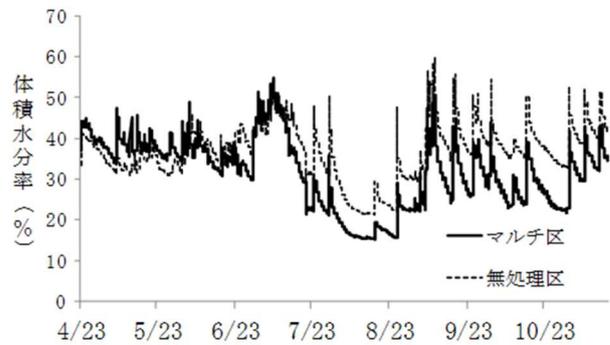
4) 総伸長量は発生本数に長さを掛け合わせて算出



第6図 被覆期間中の地温の変動

注1) 樹ごとに1か所ずつ3反復で，4月21日～11月26日の毎正時ごとに測定

2) 無処理区は8月20日～9月18日の反復なし



第7図 被覆期間中の体積水分率の変動

注) 樹ごとに1か所ずつ3反復で，4月23日～11月17日の毎正時ごとに測定

第16表 被覆期間中の硝酸態窒素の変動

処理区 ^{注1)}	被覆後日数						
	40日	70日	100日	130日	160日	190日	220日
マルチ	14.6	15.7	12.6	23.9	14.5	4.3	5.3
無処理	4.9	3.5	8.6	4.4	6.0	4.9	2.4
有意性 ²⁾	**	**	*	**	**	ns	ns

注1) 処理区は3反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを，*は5%水準の有意差があることを，**は1%水準の有意差があることを示す

(2) マルチ処理が1年生苗木の生育に及ぼす影響

1) 新梢の生育

発生本数は、定植2, 3年目ではマルチ区が23.2本/樹および63.2本/樹であり、無処理区の11.4本/樹および29.8本/樹と比べ有意に多かった(第17表)。長さは、定植1年目ではマルチ区が159.5cmであり、無処理区の131.3cmと比べ有意に長かった。総伸長量は、定植1~3年目ではマルチ区がそれぞれ6.4m/樹、20.5m/樹および56.2m/樹であり、無処理区のそれぞれ5.3m/樹、11.1m/樹および26.7m/樹と比べ有意に大きかった。基部径は処理区間に有意な差がなかった。

2) 主枝や主幹径の生育

長さは、定植3年目ではマルチ区が285.2cmであり、無

処理区の235.4cmと比べ有意に長かった(第17表)。基部径は、定植3年目ではマルチ区が36.5mmであり、無処理区の31.3mmと比べ有意に太かった。主幹径は、定植2, 3年目ではマルチ区が44.5mmおよび64.2mmであり、無処理区の38.9mmおよび55.2mmと比べ有意に太かった。

3) 定植3年目の生体重

生体重は、新梢ではマルチ区が5.4kg/樹であり、無処理区の3.2kg/樹と比べ有意に重かった(第18表)。旧枝ではマルチ区が9.9kg/樹であり、無処理区の6.7kg/樹と比べ有意に重かった。根部ではマルチ区が4.2kg/樹であり、無処理区の3.2kg/樹と比べ有意に重かった。新梢、旧枝および根部の合計は、マルチ区が19.4kg/樹であり、無処理区の13.1kg/樹と比べ有意に重かった。

第17表 マルチ処理が「幸水」1年生苗木の新梢や主枝の生育および主幹径に及ぼす影響

定植後の年数	処理区 ^{注1)}	新梢 ³⁾			主枝		主幹径	
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 ⁴⁾ (m/樹)	基部径 (mm)	長さ (cm)		基部径 (mm)
1年目	マルチ	4.0	159.5	6.4	13.9	-	27.9	
	無処理	4.0	131.3	5.3	13.1	-	26.6	
	有意性 ²⁾	ns	*	*	ns		ns	
2年目	マルチ	23.2	87.9	20.5	10.2	225.0	24.4	44.5
	無処理	11.4	98.0	11.1	10.3	208.0	21.3	38.9
	有意性	**	ns	**	ns	ns	ns	*
3年目	マルチ	63.2	88.7	56.2	11.0	285.2	36.5	64.2
	無処理	29.8	88.2	26.7	10.9	235.4	31.3	55.2
	有意性	**	ns	**	ns	*	*	*

注1) 処理区は各5反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを、*は5%水準の有意差があることを、**は1%水準の有意差があることを示す

3) 30cm以上の長さの新梢を調査

4) 総伸長量は発生本数に長さを掛け合わせて算出

第18表 マルチ処理が「幸水」1年生苗木の定植3年目の生体重に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	新梢	旧枝	根部	合計
(kg/樹)				
マルチ	5.4	9.9	4.2	19.4
無処理	3.2	6.7	3.2	13.1
有意性 ²⁾	*	*	*	*

注1) 処理区は各5反復

2) t検定で処理区間に*は5%水準の有意差があることを示す

4. 考察

本研究では、マルチ処理をニホンナシの早期成園化を目的に用いる技術として確立するため、圃場に定植した幼木の生育を促進させる効果やその要因を検証した。

マルチ処理で変動した環境要因を調査した結果、地温は被覆後～40日間の平均がマルチ区では21.7°Cで、無処理区の18.3°Cと比べ高かった。地温がニホンナシの生育に及ぼす影響としては、地温の上昇とともに新根の量が増加し5～6月に大きなピークになること（関本・大野, 1976）や、根が20°C前後で最も活性化すること（平田, 2001）が報告されている。そこで、6月29日（被覆後70日）に樹を掘り上げて根部の乾物重を調査したところ、マルチ区では無処理区に比べ、2mm以下の細根が1.8倍に増加していた。形態的にみると、春根は非常に細く、枝の伸長などに使用される養水分を吸収する役割がある（平田, 1983）。これらのことから、マルチ処理で地温が早期に上昇したことで細根量が増加し、養水分の吸収が促進されたと推察される。

環境要因として土壌中の硝酸態窒素は、マルチ区では5月30日（被覆後40日）および6月29日（被覆後70日）が無処理区と比べ3.0倍および4.5倍と高くなった。この原因として、被覆肥料からの窒素成分の溶出は周辺温度が高いほど溶出が進むこと（古屋, 1995）やポリエチレンフィルムで降雨の浸透による流失が少ないことが推察される。ニホンナシの窒素吸収量は根の急激な発達に合わせて多くなり、5～6月に吸収された窒素はその後の枝の充実や果実の肥大に利用されることや土壌中の窒素が多くなると光合成量が比例して増加すること（平田, 1983）が報告されている。本研究でマルチ区の新梢生育は、5月30日（被覆後40日）に長さが1.5倍と長くなり総伸長量も1.8倍に増大し、葉数も1.5倍と増加した。これらのことから、細根量の増加と硝酸態窒素の溶出増大により、新梢生育が増大したと考えられる。また、葉数の増加は、同化産物が増加することにつながると推察され、樹の初期生育が向上した要因の一つと考えられる。

旧器官の炭水化物含量は発育枝の生長期から増加し始

め、果実収穫後、落葉期までの間に、新梢、主枝、根の順に含量が増加する（田村, 2013）ことが報告されている。本研究では、マルチ区の新梢の基部径は被覆後100日以降、主幹径では160日以降から無処理区に比べ有意に太くなっており、貯蔵養分が増加したことが推察される。さらに、11月下旬では、細根に加え10～5mmの根が2.2倍に増加していた。秋根はずんぐりとした根が多く翌年の果実の細胞分裂に係る貯蔵養分を保持する役割があること（平田, 1983）から、マルチ処理は貯蔵養分を増やすことで根を含めた幼木全体を肥大させる効果があると考えられ、さらに蓄えられる貯蔵養分が増加することは、翌年の幼木の生育にも好影響を与える可能性が高くなると考えられる。以上のことから、マルチ処理は、地温の上昇や硝酸態窒素の増加により、細根量が増加し養水分吸収が多くなり、新梢の生育に合わせて葉数が増加することで同化産物が多くなり、幼木の生育が促進されたと推察される。

次に、1年生苗木にマルチ処理を3年間継続して行った結果、定植1年目では無処理区と比べ新梢の長さが1.2倍と長くなり、定植2, 3年目では無処理区に比べ新梢の発生本数や総伸長量がそれぞれ1.9～2.1倍に増加した。新梢の生育が増大した結果、定植3年目では無処理区に比べ主枝長が1.2倍と長く、主枝の基部径や主幹径も1.2倍に肥大し、根部の生体重も1.3倍重くなった。以上のことから、マルチ処理は圃場に定植した「幸水」1年生苗木の生育促進に効果があることが明らかとなった。なお、マルチ処理による幼木への生育促進効果は、新梢の発生本数が少ない場合は1本当たりの長さが長くなり、発生本数が多くなる場合は1本当たりの長さが無処理区と同程度になるが、いずれの場合も総伸長量が増大する。栽培面から考えると、1年生苗木を定植した1年目は、主枝として使用する新梢を長くするため、早期に摘心し新梢本数を制限することで長く太い新梢を育成することができる。また、1年生苗木の定植2年目以降や大苗を定植した場合は、新梢の発生本数を増加させることで側枝候補の確保が容易になり、幼木全体の生育向上につながると考えられる。

第2節 シアナミド剤の散布によるニホンナシ幼木の生育促進効果の検証および散布適期判定システムの開発

1. 緒言

ニホンナシへのシアナミド剤の散布は、冬季の低温が不足した条件下で自発休眠打破を促し、混合芽の発芽率を高め、開花を安定させる効果があること(吉川ら, 2014)や、散布した幼木の新梢の発生本数、長さおよび葉数が無散布区と比べ増大したこと(黒木ら, 2010)が報告されている。このことから、シアナミド剤の散布は本県の改植圃場においても、苗木の葉芽の発芽率を高め、初期生育や早期成園化を促進させることができ、改植を推進する技術の一つとなる可能性がある。

しかし、この技術を検証するとともに、本県の現地圃場に導入するためには、以下の二点の課題がある。一つは、吉川ら(2014)および黒木ら(2010)の報告は、温暖化による低温不足対策を想定し、混合芽の発芽を促進させ開花を安定させることを目的としたポット栽培における事例である。しかし、圃場に定植したニホンナシ苗木での葉芽の発芽を促進させ新梢の生育を向上させる知見は見当たらない。もう一つは、シアナミド剤の効果は散布時期によって大きく異なること(田村, 1999)や、ニホンナシの花芽では生育予測モデル(杉浦・本條, 1997)で算出した自発休眠期の発育指数が1.0~1.5の時点での散布で効果が高いこと(大野・三井, 2008)が報告されている。したがって、シアナミド剤の適切な散布時期を決定するためには、自発休眠期が始まる9月から散布時期までの1時間ごとの気温データを収集しつつ、複雑な計算を継続的に行い、推移を把握する必要がある。これらの作業を技術指導者や生産者が行うには極めて煩雑であることから、もっと簡便に使用できるシステム化が必要である。

そこで、本節では圃場に定植した「幸水」1年生苗木を用いて、葉芽の発芽率や新梢の生育を調査し、シアナミド剤の散布による生育促進効果を検証した。また、著者らが開発した開花予測システム(戸谷・川瀬, 2013)を改良して簡便にシアナミド剤の散布適期を算出するシステムを開発した。

2. 材料および方法

(1) シアナミド剤の散布が圃場に定植した「幸水」1年生苗木の生育に及ぼす影響

1) 定植の方法

千葉県農林総合研究センター内の圃場(千葉県千葉市、腐植質普通黒ボク土, 1997年にニホンナシを伐採後13年間放置)において試験を実施した。

2010年11月に、4m×4mの間隔にそれぞれに縦横100cm、深さ60cmの穴を掘り上げ、苦土石灰800g/穴、BM熔りん500g/穴および微量要素入り硫酸苦土(苦土:マンガ:ホウ素=15:0.5:0.2)320g/穴を深さ30cmと60cmの2層に分けて施用後、掘り上げた土壌で上下層が混和されないように埋

め戻した。2010年12月に縦横40cm、深さ40cmの植え穴を掘り、「幸水」1年生苗木(ホクシマメナシ台)を定植し、穂木と台木の接ぎ木部から100cmの長さになるように切り戻した。

2) 処理区の設定

試験はシアナミド剤(シアナミド10%含有, 日本カーバイド工業(株)製)を散布した区(以下シアナミド区とする)および無散布区を設定し、1区1樹とし、各区5反復とした。

シアナミド剤は水で10倍希釈し、動力散布機でシアナミド区の幼木の地上部全体に散布した(写真7)。散布はアメダスの佐倉観測所の気温データを用いて、杉浦・本條(1997)の生育予測モデルから算出した自発休眠期の発育指数が1.5となった2011年1月17日、2012年1月13日および2013年1月7日に行った。

3) 栽培の概要

定植後の施肥は、年間の窒素成分量で2011年が100g/樹、2012年が200g/樹、2013年が300g/樹とし、高度複合ナシ専用(窒素:リン酸:加里=12:14:7)を用い、年6回に分けて施用した。

幼木の仕立て法は4本主枝折衷式平棚仕立てとした。2011年の新梢管理は、主枝候補となる4本以外の新梢に対して5~6葉で摘心し、その後発生した新梢も5~6葉残して適宜摘心した。かん水は、2011年2~4月が2週間に1回程度、5~11月が1か月に1回程度の割合で20L/樹を行った。冬季のせん定は、主幹の上位から発生した強い主枝を20%程度、下位から発生した弱い主枝を50%程度切り戻した。2012年および2013年の新梢管理は、5~6葉展葉した時期に、主枝および側枝として使用する新梢を残して先端を摘心し、その後発生した新梢も主枝および側枝に使用しないものは5~6葉残して適宜摘心した。2012年の冬季せん定および2012年および2013年のかん水等の栽培管理は常法に準じて行った。

4) 調査項目

葉芽の発芽や新梢、主枝および主幹の生育を調査項目とした。

葉芽の発芽は、定植1年目の2011年4月には樹ごとに主幹の先端から上位10芽を、定植2年目の2012年4月には各主枝の先端10芽(40芽/樹)を調査し、発芽数を調査した全芽数で除して発芽率を算出した。発芽率は角変換を行った後に、区ごとの平均値をt検定した。なお、定植3年目の2013年は、各主枝の先端10芽の多くが花芽となったため調査期間の対象外とした。

新梢の生育は、各調査年のせん定前の11月に調査した。定植1年目は主枝候補として残した新梢の長さおよび基部から10cm上部の節間の直径(基部径)を測定した。定植2、3年目には長さ30cm以上の新梢の発生本数、長さおよび基部から10cm上部の節間の直径(基部径)を測定した。

主枝の生育は、定植2、3年目の2012年および2013年のせん定前の11月に調査した。主枝長として新梢に旧枝を加えた主枝全体の長さを測定し、主枝基部径として旧枝の基部から10cm上部の節間の直径を測定した。主幹の生育は、

主幹径として接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を、2011年、2012年および2013年11月に測定した。

せん定量は、2011年および2012年12月にせん定枝の生体重を測定し、樹ごとの合計を平均した。

新梢の生育、主枝、主幹の生育については各区の平均値をt検定した。

(2) シアナミド剤の散布適期判定システムの開発

適期判定システムはMicrosoft社のExcel 2007を使用し、開花予測システム(戸谷・川瀬, 2012)を基に作成した。本システムの概要は第8図に示した。

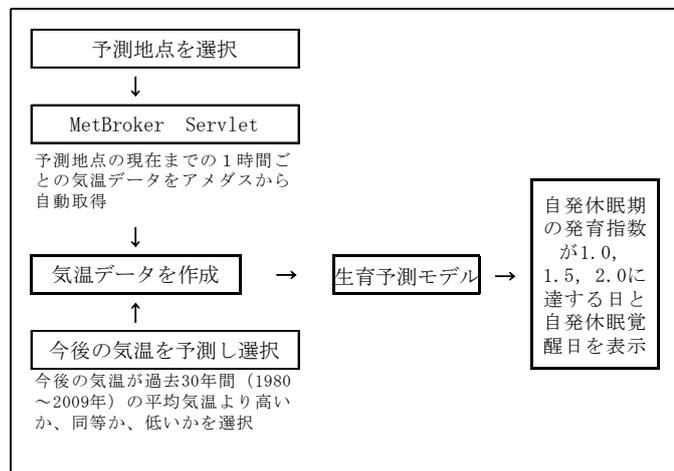
まず、システムに予測年と予測地点を入力すると、9月1日0時から本システムを作動させた時点までの既存の気温データを、気象データ仲介ソフトMetBroker Servlet(Laurensonら, 2002)を利用してアメダスから取得する。次に、システムを作動させた時点から散布適期までの

気温データを、地点ごとに今後の気温が過去30年間(1980~2009年)の平均気温より高いか、同等か、低いかを選択する。これらを行った後に、生育予測モデル式(杉浦・本條, 1997)にデータが挿入され計算が行われる。その結果、選択した地点における自発休眠期の発育指数1.0, 1.5, 2.0に達する日および自発休眠覚醒日が表示される。なお、自発休眠覚醒日は、杉浦・本條(1997)の推奨している発育指数が2.2となる月日とした。

また、市町とアメダス地点の組み合わせは以下のとおりである。千葉市、白井市、印西市、香取市、八街市、富里市および四街道市がアメダス佐倉、市川市、鎌ヶ谷市、柏市および八千代市がアメダス船橋、市原市がアメダス木更津、木更津市がアメダス牛久、旭市、山武市および芝山町がアメダス横芝光、一宮町およびいすみ市がアメダス勝浦、館山市がアメダス館山のデータを利用することを推奨する。



写真7 シアナミド剤を動力噴霧器で散布



第8図 シアナミド剤の散布適期判定システムの概要

3. 結果

(1) シアナミド剤の散布が圃場に定植した「幸水」1年生苗木の生育に及ぼす影響

1) 定植1年目の生育

葉芽の発芽率はシアナミド区が94.0%であり、無散布区の68.0%と比べ有意に高かった(第19表)。

新梢の発生本数は、主枝となる新梢以外を摘心したため、両区とも4.0本であった(第20表)。また、新梢の長さおよび基部径、主幹径およびせん定量は処理区間に有意な差がなかった。

2) 定植2年目の生育

葉芽の発芽率はシアナミド区が96.5%であり、無散布区の84.5%と比べ有意に高かった(第19表)。

新梢の生育は、長さではシアナミド区が111.2cmであり、無散布区の98.0cmと比べ有意に長かった(第21表)。総

伸長量ではシアナミド区が16.3m/樹であり、無散布区の11.1m/樹と比べ有意に大きかった。発生本数および基部径は処理区間に有意な差がなかった。

主枝の生育は、長さではシアナミド区が249.0cmであり、無散布区の208.0cmと比べ有意に長かった。主枝基部径、主幹径およびせん定量は処理区間に有意な差がなかった。

3) 定植3年目の生育

新梢の生育は、発生本数ではシアナミド区が45.8本/樹であり、無散布区の29.8本/樹と比べ有意に多かった(第22表)。総伸長量ではシアナミド区が41.7m/樹であり、無散布区の26.7m/樹と比べ有意に大きかった。また、長さおよび基部径は処理区間に有意な差がなかった。

主枝長、主枝基部径および主幹径は処理区間に有意な差がなかった。

第19表 シアナミド剤の散布が定植した「幸水」1年生苗木の葉芽の発芽率に及ぼす影響

処理区	発芽率 (%) ²⁾	
	2011年	2012年
シアナミド ^{注1)}	94.0	96.5
無散布	68.0	84.5
有意性 ³⁾	*	*

注1) 処理区は各区5反復で、シアナミド剤を2011年1月17日、2012年1月13日に動力噴霧器を用いて散布

2) 2011年は4月12日に上から10芽を、2012年は4月22日に各主枝先の10芽(40芽/樹)を調査

3) 角変換後 t 検定を行い、処理区間に*は5%水準の有意差がある

第20表 シアナミド剤の散布が定植1年目の「幸水」1年生苗木の新梢生育、主幹径およびせん定量に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	新梢				主幹径 (mm)	せん定量 (kg/樹)
	発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)		
シアナミド	4.0	149.0	6.0	14.1	27.7	0.3
無散布	4.0	131.3	5.3	13.1	26.6	0.3
有意性 ²⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 各区の概要は第19表に同じ

2) t 検定により処理区間にnsは有意差がない

第21表 シアナミド剤の散布が定植2年目の「幸水」1年生苗木の新梢生育、主枝生育、主幹径およびせん定量に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)	主枝長 (cm)	主枝基部径 (mm)	主幹径 (mm)	せん定量 (kg/樹)
シアナミド	14.8	111.2	16.3	11.1	249.0	23.6	42.4	0.8
無散布	11.4	98.0	11.1	10.3	208.0	21.3	38.9	0.7
有意性 ²⁾	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 各区の概要は第19表に同じ

2) t 検定により処理区間にnsは有意差がないことを、*は5%水準の有意差があることを示す

第22表 シアナミド剤の散布が定植3年目の「幸水」1年生苗木の新梢生育、主枝生育および主幹径に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	発生本数 (本/樹)	総伸長量 (m/樹)	長さ (cm)	基部径 (mm)	主枝長 (cm)	主枝基部径 (mm)	主幹径 (mm)
シアナミド	45.8	41.7	90.9	11.2	276.4	34.9	59.2
無散布	29.8	26.7	88.2	10.9	235.4	31.3	55.2
有意性 ²⁾	**	*	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 各区の概要は第19表に同じ

2) t 検定により処理区間にnsは有意差がないことを、*は5%水準の有意差があることを、**は1%水準の有意差があることを示す

(2) シアナミド剤の散布適期判定システムの開発

散布日を予測するため、以下の1)～4)の4項目を入力又は選択する(第9図)と、最後に結果が表示される(第10図)。なお、適期判定システムは9月1日から散布日までの期間に使用できる。

1) 予測したい年を入力

予測したい年は、9月1日～12月31日に予測する場合は翌年の年を、1月1日以降に予測する場合は当年の年を、西暦を半角数字で入力する。

2) 予測したい地点のアメダスを選択

「アメダス地点を選択」の選択ボタンをクリックすると「アメダス地点名」フォームが表示され、アメダス地点を

選択できる。インターネット接続下でアメダス地点を選択すると1時間ごとの気温データが取得できる。

3) 今後の気温を選択

「今後の気温を選択」ボタンをクリックすると「気温の選択」フォームが表示され、今後の気温を選択できる。気温は、1980～2009年までの30年間の気温を平均したものを平年値とし、それに対する -1.0°C 、 -0.5°C 、 $\pm 0^{\circ}\text{C}$ 、 $+0.5^{\circ}\text{C}$ 、 $+1.0^{\circ}\text{C}$ となる気温を選択できる。

4) 結果の表示

「結果を表示する」ボタンをクリックすると、「結果表示」ワークシートに切り替わり、結果として自発休眠期の発育指数(DVI)が表示される。

予測したい西暦年(年は不要、開花年度)

2014

ダウンロードが成功すると地点名が表示、0は失敗

船橋

気温の予測は、

船橋の平年値

**最後に!
結果を表示する
(クリック)**

第9図 条件を入力するワークシート

結果の表示	
船橋	
開花年度	2014 年
DVI=1.0	12月29日
DVI=1.5	1月16日
DVI=2.0	2月5日
自発休眠覚醒日 (DVI=2.2)	2月12日

(選択に戻る
クリック)

第10図 予測結果を表示するワークシート

4. 考察

(1) シアナミド剤の散布が圃場に定植した「幸水」苗木の生育に及ぼす影響

ニホンナシの幼木の生育促進技術は、定植後の発芽や初期生育の不良、または改植におけるいや地現象の影響を軽減し、早期成園化を図るために重要である。本報告では、ニホンナシでは開花安定のために用いられているシアナミド剤を、早期成園化を目的に用いる技術として確立するため、圃場に定植した幼木で葉芽の発芽を向上させ新梢の生育を促進させる効果を確認しつつ、現地改植圃場で実証的な試験を行った。

1年生苗木にシアナミド剤を散布した結果、定植1、2年目では無散布区と比べ葉芽の発芽率が有意に高まり、定植2、3年目では無散布区に比べ新梢の生育が増大した。このことから、シアナミド剤の散布は、圃場に定植した幼木の葉芽の発芽促進効果があることが明らかとなった。既報において、シアナミド剤の散布によるポット試験での発芽率の向上が報告されていたことから（吉川ら、2014）、圃場に定植した幼木の葉芽においても同様の効果があることは十分に予想され、3年に渡り調査をした結果、本報告でもその効果を確認することができた。なお、定植1年目では、発芽率が高まっても主枝となる4本以外の新梢を摘心したため、新梢の生育に差が生じなかったと推察された。そこで、定植1年目からシアナミド剤の効果を活かすためには、発生した新梢を摘心せずに、ある程度生育させてからねん枝を行い下向きに誘引することで、葉数の確保ができ生育をさらに促進できるものと考えられるが、今後、実証試験が必要である。

これまでに幼木の生育を促進する方法としては、定植前の土壌消毒、堆肥やパーライト等改良資材による土壌改良および定植後のかん水や施肥管理（北川、2004）の他、幼木の生育促進効果が認められているマルチ処理（戸谷ら、2014）が挙げられる。これらの方法と比較して、シアナミド剤の散布は水で希釈して動力噴霧器等で散布するだけであり、多くの苗木を定植した場合に手軽に実施できることから、有効な方法と考えられる。一方、シアナミド剤

は主幹径の肥大や主枝の生育を促進させる効果があまり認められなかったことから、マルチ処理と比べ樹全体の生育を促進する効果は劣ると考えられた。このように幼木の生育促進に関する各技術には得られる効果が異なるため、早期成園化を図るためにはこれら技術を組み合わせる必要があると思われる、今後、後述の散布適期判定システムと併せた実証試験を要する。

(2) シアナミド剤の散布適期判定システムの開発

冒頭で述べたように、シアナミド剤の散布適期は自発休眠期の発育指数が1.0~1.5の時点（大野・三井、2008）であるが、年次変動や地点による差異が大きい。そのため、適期に本剤を散布するには、簡便に発育指数を算出するシステムが必要である。そこで、千葉県内の多くの産地において開花予測の精度が高いことが証明されている杉浦・本條（1997）の生育予測モデルを用いて、散布適期判定システムを開発した。このシステムは広く普及しているExcel 2007を用いて、品種や地点をボタンで簡単に選択し、複雑なモデル式を自動的に計算できるため、普及性が高いと考えられる。また、予測に必要な膨大な量の気温データは、MetBroker Servletを介しインターネット接続下でアメダスからリアルタイムに取得できることから、温度計の設置や気温の記録といった装置や労力がかからない利点がある。さらに、本システムの利用時以降の気温は、気象庁の長期予報を参考に、平年値を基に一定条件を選択して予測できる。これらのことから、散布適期判定システムはリアルタイムにシアナミド剤の散布適期を予測できる。今後、本システムの普及により、的確なシアナミド剤の散布が行われることが期待される。

これまでにシアナミド剤は、冬季の低温が不足した条件下で、ニホンナシの花芽の発芽率を高めることを目的として散布条件が検討されている（吉川ら、2014）。今後、千葉県においても温暖化による開花異常が発生する可能性があり（戸谷・川瀬、2011）、その対策の一つとして、シアナミド剤の散布を行うことが考えられるが、この場合にも本システムを活用することが期待できる。

第3節 点滴かん水やマルチ処理によるニホンナシ大苗の生育促進効果

1. 緒言

生産者に対して改植を促すためには、定植した苗木の生育を良好にして、結実するまでの期間を短縮し、成園化を促進する技術の支援が必要である。吉岡・石田（1982）は、苗木圃場で主枝を直ちに伸長させた大苗を用いることで成園化を促進できることを明らかにしている。しかし、この大苗は定植後の生育が不良になりやすく、改植に失敗する事例が散見される。この対策として、主幹部周辺を稲わらなどの有機物でマルチしているが、効果は不十分である。

ニホンナシの幼木は、根域が浅いため、土壤の乾燥によって新梢伸長の早期停止や樹体の衰弱が起こりやすい（吉田，2004）とされている。一方、大苗は苗木圃場で掘り上げる際に断根するため、乾燥による影響を受けやすい傾向にある。土壤の乾燥を防止する手段として、少ない水量で効率よくかん水することができる点滴かん水や被覆部位の乾燥防止に効果があるポリエチレンフィルムが有効と考えられる。そこで、本節ではニホンナシ大苗を定植後、点滴かん水やポリエチレンフィルムを用いて、生育促進効果を検証した。

2. 材料および方法

(1) 定植の方法

千葉県農林総合研究センター内のニホンナシ改植圃場（腐植質普通黒ボク土）で実施した。2007年11月に、2m×2mの間隔で植栽された2年生の「幸水」（前作樹は43年生の「幸水」）および7m×7mの間隔で植栽された45年生の「幸水」を抜根し、7m×7mの間隔で4m角、深さ1mの穴を6つ掘り上げた。掘り上げたそれぞれの穴に、埋め戻す際にパーク堆肥120kg、苦土石灰8kg、BM熔りん8kgを、深さ30cm、60cm、100cmの3層に分けて施用して、土壤改良を行った。

(2) 処理区の設定

処理区は、点滴かん水区、マルチ区、無処理区を、それぞれ2反復設けた。2008年3月に吉岡・石田（1982）の架線式大苗育成法で2年間育成した「あきづき」（ホクシマメナシ台）の大苗を定植した。

定植1年目は、点滴かん水区では、点滴かん水システム（小林製袋産業(株)製「一滴さん」）を用い、点滴ノズル1点を主幹の横5cm、高さ60cmに設置し、試験期間を通じて毎日5L/樹かん水した。マルチ区は、ポリエチレンフィルム（厚さ0.02mm、透明）を、主幹を中心に1.4m四方の大きさに被覆した。無処理区は、主幹を中心に1.4m四方の大きさに稲わらを敷いた。処理は、2008年4月23日から同年11月30日まで行った。

定植2年目も定植1年目と同様に、同一の樹に対して点滴かん水とマルチを行った。点滴かん水区では、それぞれの主枝先の高さ60cmに点滴ノズルを1点ずつ計4点設置し、

試験期間を通じて毎日10L/樹かん水した。マルチ区におけるポリエチレンフィルムおよび無処理区における敷わらは、主幹を中心に2m四方の大きさに被覆した。処理は、2009年4月21日から同年11月30日まで行った。

肥料は、点滴かん水区と無処理区および定植1年目のマルチ区では高度複合ナシ専用（窒素:リン酸:加里=12:14:7）を用い、1樹当たり年間の窒素成分量で定植1年目は300g、2年目は400gを第23表に示すとおり施用した。定植2年目のマルチ区は、被覆燐硝安加里424（窒素:リン酸:加里=14:12:14、溶出期間270日）を用いて年間窒素成分量400gの内70%をマルチ被覆時に施用し、残りは高度複合ナシ専用を用いて被覆前の3月と除去後の12月に第23表のとおり施用した。農薬散布や摘花などの栽培管理は、慣行に準じて行った。

(3) 調査項目

新梢の生育は、発生本数および長さについて、30cm以上の長さの枝を落葉期に調査した。基部径は、50cm以上の長さの枝について基部から10cm上部の節間の直径を落葉期の11月に調査した。樹冠の広がりを把握するため、側枝の長さおよび本数をせん定後の3月に調査した。なお、主枝の先端から発生した新梢は圃場の上部の多目的防災網まで達して伸長を阻害されたため、主枝のデータは省略した。

定植2年目は1樹当たり20果程度を着果させ、収穫時に全ての果実の重量を調査した。果実品質は、収穫盛期に平均的な大きさの果実を1樹当たり10果調査した。硬度はマグネステラー硬度計（10lbs.、ブランジャーは5/16インチ）を、糖度は糖度計（アタゴ社製RX-5000）を、酸度はpHメーター（堀場製作所製F-22C）を用いて、育成系統適応性検定試験・特性検定調査方法（農林水産省果樹試験場，1994）に基づき測定した。

地温は、各区に1か所ずつ、樹の主幹から40cm離れた場所の深さ20cmの位置にセンサー（TR-0506）を埋設し、サーモレコーダー（T&D社製RS-11）で毎正時ごとに測定した。土壤水分は、各区に1か所ずつ、樹の主幹から40cm離れた場所の深さ20cmの位置にセンサー（EC-5）を埋設し、土壤水分計（Decagon社製ECHOロガー）で毎正時ごとに測定した。あらかじめ黒ボク土で計測を行い、回帰式から体積含水率を求めた。なお、土壤水分は定植2年目のみ測定した。地温および土壤水分の欠測値は前後のデータから補正した。

3. 結果

(1) 点滴かん水やマルチが定植1年目の大苗の生育に及ぼす影響

定植1年目における新梢の生育を第24表に示した。新梢の長さは、無処理区を100とした場合、点滴かん水区およびマルチ区のそれぞれ131および129であった。基部径は、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ108および111であった。発生本数は、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ154および138であった。1樹当たりの総伸長量は、点

滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ210および187と大きかった。定植1年目における側枝の生育を第25表に示した。側枝の長さは、無処理区を100とした場合、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ137および154で、本数がともに163であった。総側枝長は、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ223および250と大きかった。

定植1年目における地温の推移を第11図に示した。マルチ区の地温は、試験期間を通じて無処理区よりも高く推移し、その平均が22.9℃と無処理区の20.8℃に比べ2.1℃高かった。点滴かん水区の地温は、無処理区と比べて6~8月が高く、10月以降が低く推移したが、全体的に見ると無処理区と同程度に推移し、その平均も20.8℃で無処理区と同じであった。

(2) 点滴かん水やマルチが定植2年目の大苗の生育に及ぼす影響

定植2年目における新梢の生育を第26表に示した。新梢の長さは、無処理区を100とした場合、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ94および91であった。基部径は、点滴かん水区およびマルチ区がともに無処理区並みであった。発生本数は、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ155および148であった。このように、定植1年目の生育と異なり、点滴かん水区およびマルチ区の新梢の長さが無処理区より短かったが、発生本数は多かったため、総伸長量は点滴かん水区およびマルチ区が145および136と大きかった。

定植2年目における側枝の生育を第27表に示した。側枝

の長さは、無処理区を100とした場合、せん定後の点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ105および116で、本数が167および175であった。その結果、総側枝長は、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ175および203と大きかった。このように、点滴かん水区およびマルチ区では総側枝長が無処理区に比べ大きく、定植2年目においても樹冠は無処理区に比べ拡大の程度が大きかった。

定植2年目における収量および果実品質を第28表に示した。果実の平均重は、無処理区を100とした場合、点滴かん水区およびマルチ区がそれぞれ107および102であった。軸折れによる落果で収穫果数に差が生じたため、1樹当たりの収量はそれぞれ98および129であった。果実の硬度、糖度、酸度は、処理による差が見られなかった。

定植2年目のそれぞれの処理区における7月13日から11月30日までの地温の推移を第12図に示した。マルチ区の地温は、測定した期間を通じて無処理区よりも高く推移し、その平均が22.4℃と無処理区に比べ1.0℃高かった。点滴かん水区の地温は、無処理区と比べて7~8月が高く、10月以降が低く推移したが、全体的に見ると無処理区と同程度に推移し、その平均も21.2℃で無処理区とほぼ同じであった。また、4月21日から11月30日までの土壌の体積含水率の推移を第13図に示した。点滴かん水区の体積含水率は試験期間を通じて無処理区よりも高く推移し、その平均が51.7%と無処理区の41.3%に比べ10.4%高かった。マルチ区の体積含水率は試験期間を通じて無処理区よりも低く推移し、その平均が37.6%と無処理区の41.3%に比べ3.7%低かった。

第23表 定植1~2年目の施肥時期と配合割合

施用時期	配分割合 (%)
3月上旬	20
5月上旬	20
6月上旬	20
9月下旬	20
10月下旬	10
12月上旬	10

注1) 高度複合ナシ専用を用いた

2) 定植2年目のマルチ区は別の施肥設計

第24表 点滴かん水やマルチが定植1年目の「あきづき」大苗の新梢の生育に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	長さ (cm)	基部径 (mm)	発生本数 (本/樹)	総伸長量 (m/樹)
点滴かん水	70.7 (131)	9.5 (108)	20 (154)	14.1 (210)
マルチ	69.5 (129)	9.8 (111)	18 (138)	12.5 (187)
無処理	53.9 (100)	8.8 (100)	13 (100)	6.7 (100)

注1) 処理区は各2反復

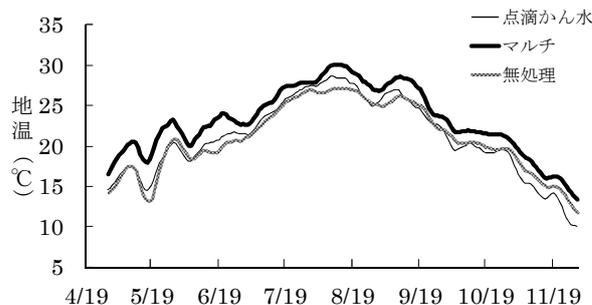
2) ()内の数値は無処理区を100とした比数

第25表 点滴かん水やマルチが定植1年目の「あきづき」大苗の側枝の生育に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	長さ (cm)	本数 (本/樹)	総側枝長 (m/樹)
点滴かん水	51.3 (137)	13 (163)	6.7 (223)
マルチ	57.8 (154)	13 (163)	7.5 (250)
無処理	37.4 (100)	8 (100)	3.0 (100)

注1) 処理区は各2反復

2) ()内の数値は無処理区を100とした比数



第11図 定植1年目の地温の推移

注) 地温は日別平均しその値の7日ごとの移動平均値を示した。

第26表 点滴かん水やマルチが定植2年目の「あきづき」大苗の新梢の生育に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	長さ (cm)	基部径 (mm)	発生本数 (本/樹)	総伸長量 (m/樹)
点滴かん水	102 (94)	12.1 (101)	45 (155)	45.1 (145)
マルチ	99 (91)	12.4 (103)	43 (148)	42.1 (136)
無処理	109 (100)	12.0 (100)	29 (100)	31.0 (100)

注1) 処理区は各2反復

2) ()内の数値は無処理区を100とした比数

第27表 点滴かん水やマルチが定植2年目の「あきづき」大苗の側枝の生育に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	長さ (cm)	本数 (本/樹)	総側枝長 (m/樹)
点滴かん水	98 (105)	20 (167)	19.6 (175)
マルチ	108 (116)	21 (175)	22.7 (203)
無処理	93 (100)	12 (100)	11.2 (100)

注1) 処理区は各2反復

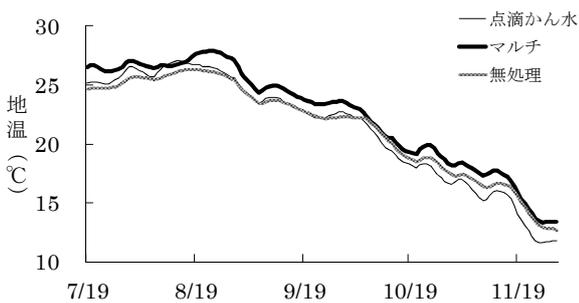
2) ()内の数値は無処理区を100とした比数

第28表 点滴かん水やマルチが定植2年目の「あきづき」大苗の収量および果実品質に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	収穫果数 (個)	果重 (g)	収量 (kg/樹)	硬度 (lbs.)	糖度 (Brix)	酸度 (pH)
点滴かん水	15 (88)	551 (107)	8.3 (98)	3.8	12.1	4.9
マルチ	21 (124)	525 (102)	11.0 (129)	3.7	12.2	4.9
無処理	17 (100)	515 (100)	8.5 (100)	3.5	11.7	4.8

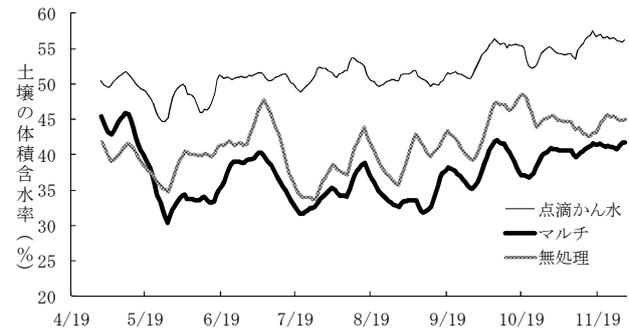
注1) 処理区は各2反復

2) ()内の数値は無処理区を100とした比数



第12図 定植2年目の地温の推移

注) 地温は日別平均し、その値の7日ごとの移動平均値



第13図 定植2年目の土壌の体積含水率の推移

注) 体積含水率は日別平均し、その値の7日ごとの移動平均値

4. 考察

大苗を利用したニホンナシの改植は、成園化を促進させるうえでは有効な方法である。しかし、大苗は定植後に土壤乾燥の影響を受けやすく、初期生育が不良になりやすい。そこで、本節では、定植後の「あきづき」大苗に点滴かん水やマルチを行って、土壤水分や地温が樹の初期生育に及ぼす影響を調査した。

本試験を行った圃場は黒ボク土であるが、この土壤において植物が容易に水を吸収できる体積含水率は32.0~45.0%の範囲である(安西, 2001)。この基準と比べると点滴かん水区の土壤は過湿な状態であったと推定されたが、樹の生育は無処理区と比べると向上し、果重も無処理区と比べ7%重くなった。一方、地温は、点滴かん水区では無処理区並みに推移したことから、樹の生育を向上させる要因ではないと考えられる。したがって、定植1~2年目の生育を考えると、土壤水分は高い方が良く、この時期の点滴か

ん水は効果が高いと考えられた。しかし、過湿な土壤条件で樹齢を重ねると樹の生育や収量が低下する可能性が指摘されており(猪崎, 1986)、点滴かん水量については最適な水量を検討する必要がある。

マルチ区では、体積含水率の平均値は植物が容易に水を吸収するのに適正な範囲内であり、下限値も30%前後であることから、樹の生育に負の影響を及ぼしたとは考えられない。一方、地温は、試験期間を通じてマルチ区では無処理区よりも高く推移した。ニホンナシの根は地温20°C前後で最も活性化するが、30°C以上に達すると根の呼吸が盛んになり樹勢が低下するとされている(平田, 2001)。

また、ニホンナシ「幸水」の根の伸長は5月に大きなピークが見られ、新梢が生育するのに必要な養水分吸収を行う細根が多く発生する。本試験では、定植1年目のマルチ区における5月の平均地温は20.7°Cで、無処理区に比べ3.3°C

高かった。これらのことから、根が最も伸長する時期における地温が根の生育に好適な20℃前後に維持されたことにより、新梢の伸長が促されたと推察される。カキでは苗木の定植時にポリエチレンフィルムで被覆すると、敷わらと比べ発根が早く、新根の発生量が多くなり、樹の生育が向上したことが報告されている(猪崎, 1986)。本試験では、根の生育は調査していないが、樹の生育については同様の結果を得ることができたことから、マルチによる地温上昇の効果と判断される。一方、定植1年目のマルチ区の8月の地温は、根が衰弱するとされる30℃以上に達した時間が無処理区と比べ長くなった。このことから、生育を更に向上させるためには、8月に地温を上昇させないようマルチを撤去することなどを検討する必要がある。

以上のように、大苗の定植後に点滴かん水やマルチを行

うことは樹の生育向上に有効であることが明らかになった。点滴かん水とマルチは、新梢の生育や樹冠の大きさを比較する限りにおいては、その効果に違いはなかった。点滴かん水は、初期費用がかかるものの設置後の労力は必要としない。一方、ポリエチレンフィルムによる被覆は費用が安い。被覆作業や施肥に手間がかかる。施肥については、定植2年目において被覆化成肥料を用いたところ、マルチ被覆期間の施肥を省略することができ、年間の施肥回数は慣行の半分に削減できた。したがって、生産者が点滴かん水とマルチのいずれを選択するかは、園地の状態や改植する苗木の本数などが判断要素になると考えられる。また、点滴かん水とマルチの相乗効果については、試験を行い、明らかにする必要がある。

第5章 ニホンナシ幼木の生育促進技術の現地実証

第1節 マルチ処理が生産者の新植圃場および改植圃場に定植したニホンナシ大苗の生育に及ぼす影響

1. 緒言

ニホンナシ幼木の生育を促進させる技術として、定植後にポリエチレンフィルムで主幹を中心に地表面を被覆(以下、マルチ処理)する方法を第3章および第4章で開発している。この技術を検証するとともに、生産者の圃場に導入するためには、以下の2つの課題がある。

1つ目は、マルチ処理による幼木の生育増大が収量の増加に結びつくかという点である。そこで、生産者の新植圃場に「幸水」の大苗を定植し、マルチ処理が初期収量や果実品質に及ぼす影響を調査した。

2つ目は、いや地現象で生育不良が生じる改植圃場でマルチ処理の有効性を確認することである。そこで、生産者の改植圃場に「幸水」および「豊水」の大苗を定植し、いや地現象の発生が懸念される条件においても、マルチ処理が初期収量を向上させる効果があることを現地実証した。

2. 材料および方法

(1) 生産者の新植圃場におけるマルチ処理の増収効果

1) 定植の方法

生産者の新植圃場(千葉県八街市、腐植質普通黒ボク土、前作は落花生)で実施した。2013年3月に、定植位置を4m×4mの間隔に設け、植え穴を掘り、吉岡・石田(1982)の架線式大苗育成法により大苗育成圃場(八街市)で2年間育成した4本主枝の「幸水」(ホクシマメナシ台)大苗を定植した(写真8)。

2) 処理区の設定

試験は、ポリマルチで被覆した区(以下マルチ区とする)および無処理区を設定し、各区4反復とした。

マルチ区は、ポリエチレンフィルム(厚さ0.02mm、透明)で地表面を2013年4月20日～11月30日および2014年4

月25日～11月30日の期間、被覆した。被覆の範囲は、主幹を中心に2013年が縦横1.4m、2014年が縦横2mとした。無処理区は被覆を行わなかった。

3) 栽培の概要

定植後の施肥は、年間の窒素成分量で2013年が170g/樹、2014年が340g/樹とした。マルチ区では、被覆燐硝安加里424(窒素:リン酸:加里=14:12:14、溶出期間270日)を用いて年間窒素成分量の内70%を被覆時に施用し、残りは被覆前の3月と除去後の12月に無処理区と同様に施用した。無処理区は、尿素と油かすを用い、年4回に分けて施用した。

樹の仕立て法は折衷式平棚仕立て(十文字方向)とした。かん水や新梢誘引、せん定等の栽培管理は生産者が常法に準じて行った。また、定植2年目には着果させたが、着果数や収穫時期などは生産者に一任した。

4) 調査項目

収量は、2014年8月に収穫直前の着果数を測定し、収穫盛期の平均果重の積で求めた。果実品質は、2014年8月の収穫盛期に平均的な大きさの果実を4果/樹を調査した。硬度はマグネステラー硬度計(10lbs.、プランジャーは5/16インチ)を、糖度は糖度計(アタゴ社製RX-5000)を、酸度はpHメーター(堀場製作所製F-22C)を用いて、育成系統適応性検定試験・特性検定調査方法(農林水産省果樹試験場、1994)に基づき測定した。

新梢、主枝および主幹径の生育は、定植直後の2013年4月と落葉後の同年11月および2014年11月に測定し、樹ごとの平均値をt検定した。新梢の生育は、長さ30cm以上の新梢の発生本数、長さおよび基部から10cm上部の節間の基部径を測定した。また、総伸長量は発生本数に長さを掛け合せて算出した。主枝の生育は、主枝長として新梢に旧枝を併せた主枝全体の長さを、主枝基部径として旧枝の基部から10cm上部の節間の直径を測定した。主幹径は、接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を測定した。



写真8 大苗育成圃場(左)と新植圃場に定植した大苗(右)

(2) 生産者の改植圃場におけるマルチ処理の増収効果

1) 定植の方法

生産者のナシ改植圃場（千葉県八街市，腐植質普通黒ボク土，2013年12月に前作樹を伐採）で実施した。2014年3月に，定植位置を4m×4mの間隔に設け，植え穴を掘り，試験1と同様の方法で育成した4本主枝の「幸水」および「豊水」（ともにホクシマメナシ台）の大苗を定植した。

2) 処理区の設定

試験は，ポリマルチで被覆した区（以下マルチ区とする）および無処理区を設定し，各区4反復とした。

マルチ区は，試験1と同様にポリエチレンフィルムで地表面を2014年4月25日～11月30日および2015年4月20日～10月13日の期間，試験1と同様の範囲を被覆した。無処理区は被覆を行わなかった。

3) 栽培の概要

定植後の施肥，樹の仕立て法，せん定および着果管理などの栽培管理は試験1と同様に行った。

4) 調査項目

収量と果実品質は，2015年8月に試験3と同様に調査した。新梢，主枝および主幹径の生育は，定植直後の2014

年4月と落葉後の11月および2015年11月に試験1と同様に測定し，樹ごとの平均値をt検定した。

3. 結果

(1) 生産者の新植圃場におけるマルチ処理の増収効果

1) 収量および果実品質

果数は，マルチ区が19.0果/樹であり，無処理区の9.8果/樹と比べ有意に多かった（第29表）。収量は，マルチ区が6.0kg/樹であり，無処理区の2.9kg/樹と比べ有意に多かった。1果重および果実品質は処理区間に有意な差が認められなかった。

2) 新梢の生育

定植時の新梢は，全ての項目で処理区間に有意な差がなかった（第30表）。発生本数は，定植1，2年目ではマルチ区が36.2本/樹および79.8本/樹であり，無処理区の17.8本/樹および50.0本/樹と比べ有意に多かった。長さは，定植1年目ではマルチ区が82.8cmであり，無処理区の62.1cmと比べ有意に長かった。総伸長量は，定植1，2年目ではマルチ区が29.6m/樹および58.5m/樹であり，無処理区の11.0m/樹および34.9m/樹と比べ大きかった。基部径は処理区間に有意な差がなかった。

第29表 マルチ処理が生産者の新植圃場における「幸水」大苗の収量および果実品質に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	果数 (個/樹)	1果重 (g/個)	収量 (kg/樹)	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)
マルチ	19.0	317.7	6.0	3.8	5.0	13.0
無処理	9.8	298.4	2.9	3.2	4.8	12.8
有意性 ²⁾	**	ns	*	ns	ns	ns

注1) 処理区は各4反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを，*は5%水準の有意差があることを，**は1%水準の有意差があることを示す

第30表 マルチ処理が新植圃場における「幸水」大苗の新梢，主枝および主幹径の生育に及ぼす影響

定植後の年数	処理区 ^{注1)}	新梢 ³⁾				主枝		主幹径 (mm)
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 ⁴⁾ (m/樹)	基部径 (mm)	長さ (cm)	基部径 (mm)	
定植時	マルチ	4.8	76.0	3.6	9.4	186.0	20.2	37.8
	無処理	6.0	74.8	4.5	9.5	183.3	19.7	37.1
	有意性 ²⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1年目	マルチ	36.2	82.8	29.6	11.6	273.8	31.0	57.1
	無処理	17.8	62.1	11.0	10.3	233.8	26.1	52.0
	有意性	**	*	**	ns	**	**	*
2年目	マルチ	79.8	73.1	58.5	10.8	310.1	40.6	74.6
	無処理	50.0	69.8	34.9	10.7	285.5	35.4	65.5
	有意性	**	ns	**	ns	ns	**	**

注1) 処理区は各4反復

2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを，*は5%水準の有意差があることを，**は1%水準の有意差があることを示す

3) 30cm以上の長さの新梢を調査

4) 総伸長量は発生本数に長さを掛け合わせて算出

3) 主枝や主幹径の生育

定植時の主枝および主幹径は、全ての項目で処理区間に有意な差がなかった。長さは、定植1年目ではマルチ区が273.8cmであり、無処理区の233.8cmと比べ有意に長かった(第30表)。基部径は、定植1, 2年目ではマルチ区が31.0mmおよび40.6mmであり、無処理区の26.1mmおよび35.4mmと比べ有意に太かった。主幹径は、定植1, 2年目ではマルチ区が57.1mmおよび74.6mmであり、無処理区の52.0mmおよび65.5mmと比べ有意に太かった。

(2) 生産者の改植圃場におけるマルチ処理の増収効果

1) 「幸水」大苗に用いた場合

i 収量および果実品質

果数は、マルチ区が39.8果/樹であり、無処理区の22.0果/樹と比べ有意に多かった(第31表)。収量は、マルチ区が13.3kg/樹であり、無処理区の6.9kg/樹と比べ有意に多かった。1果重および果実品質は、処理区間に有意な差が認められなかった。

ii 新梢の生育

定植時の新梢は、全ての項目で処理区間に有意な差がなかった(第32表)。発生本数は、定植1, 2年目ではマルチ区が21.5本/樹および44.3本/樹であり、無処理区の7.5本/樹および28.0本/樹と比べ有意に多かった。総伸長量は、定植1年目ではマルチ区が13.0m/樹であり、無処理区の4.7m/樹と比べ有意に大きかった。長さや基部径は処理区間に有意な差がなかった。

iii 主枝や主幹径の生育

定植時の主枝および主幹径は、全ての項目で処理区間に

有意な差がなかった(第32表)。長さは、定植1年目ではマルチ区が219.6cmであり、無処理区の202.3cmと比べ有意に長かった。基部径は、定植1, 2年目ではマルチ区が28.6mmおよび34.8mmであり、無処理区の25.2mmおよび31.2mmと比べ有意に太かった。主幹径は、定植1, 2年目ではマルチ区が57.7mmおよび70.5mmであり、無処理区の50.1mmおよび61.7mmと比べ有意に太かった。

2) 「豊水」大苗に用いた場合

i 収量および果実品質

果数は、マルチ区が38.3果/樹であり、無処理区の33.0果/樹と比べ有意に多かった(第31表)。収量は、マルチ区が13.8kg/樹であり、無処理区の10.8kg/樹と比べ有意に多かった。1果重および果実品質は処理区間に有意な差が認められなかった。

ii 新梢の生育

定植時の新梢は、全ての項目で処理区間に有意な差がなかった(第33表)。発生本数は、定植1, 2年目ではマルチ区が32.5本/樹および50.0本/樹であり、無処理区の15.3本/樹および24.0本/樹と比べ有意に多かった。総伸長量は、定植1, 2年目ではマルチ区が29.1m/樹および38.9m/樹であり、無処理区の14.2m/樹および17.5m/樹と比べ大きかった。長さや基部径は処理区間に有意な差がなかった。

iii 主枝や主幹径の生育

定植時の主枝および主幹径は全ての項目で処理区間に有意な差がなかった(第33表)。主幹径は、定植1, 2年目ではマルチ区が64.3mmおよび76.3mmであり、無処理区の56.7mmおよび65.3mmと比べ有意に太かった。長さや基部径は処理区間に有意な差がなかった。

第31表 マルチ処理が生産者の改植圃場における「幸水」および「豊水」大苗の収量および果実品質に及ぼす影響

品種	処理区 ^{注1)}	果数 (個/樹)	1果量 (g/個)	収量 (kg/樹)	地色	硬度 (lbs.)	糖度 (brix%)	酸度 (pH)
幸水	マルチ	39.8	334.1	13.3	2.3	5.2	13.4	5.4
	無処理	22.0	312.0	6.9	2.1	5.1	13.6	5.5
	有意性 ²⁾	**	ns	**	ns	ns	ns	ns
豊水	マルチ	38.3	326.7	13.8	3.2	4.2	12.9	4.8
	無処理	33.0	360.4	10.8	3.1	4.4	12.5	4.7
	有意性	*	ns	*	ns	ns	ns	ns

注1) 処理区は各4反復

- 2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを、*は5%水準の有意差があることを、**は1%水準の有意差があることを示す

第32表 マルチ処理が生産者の改植圃場における「幸水」大苗の新梢や主枝および主幹径の生育に及ぼす影響

定植後の年数	処理区 ^{注1)}	新梢 ³⁾				主枝		主幹径 (mm)
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 ⁴⁾ (m/樹)	基部径 (mm)	長さ (cm)	基部径 (mm)	
定植時	マルチ	5.3	61.8	3.2	8.1	187.1	21.6	42.5
	無処理	5.5	57.3	3.2	8.7	186.3	20.0	40.9
	有意性 ²⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1年目	マルチ	21.5	60.7	13.0	9.4	219.6	28.6	57.7
	無処理	7.5	52.3	4.7	8.6	202.3	25.2	50.1
	有意性	**	ns	*	ns	*	*	**
2年目	マルチ	44.3	65.6	29.1	9.7	313.8	34.8	70.5
	無処理	28.0	78.1	21.5	10.1	319.9	31.2	61.7
	有意性	*	ns	ns	ns	ns	*	*

注1) 処理区は各4反復

- 2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを, *は5%水準の有意差があることを, **は1%水準の有意差があることを示す
- 3) 30cm以上の長さの新梢を調査
- 4) 総伸長量は発生本数に長さを掛け合わせて算出

第33表 マルチ処理が生産者の改植圃場における「豊水」大苗の新梢や主枝および主幹径の生育に及ぼす影響

定植後の年数	処理区 ^{注1)}	新梢 ³⁾				主枝		主幹径 (mm)
		発生本数 (本/樹)	長さ (cm)	総伸長量 ⁴⁾ (m/樹)	基部径 (mm)	長さ (cm)	基部径 (mm)	
定植時	マルチ	7.2	79.1	5.9	9.7	211.8	21.6	43.9
	無処理	8.8	74.6	6.5	8.8	220.8	21.2	44.1
	有意性 ²⁾	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
1年目	マルチ	32.5	89.1	29.1	10.4	280.4	29.6	64.3
	無処理	15.3	93.5	14.2	10.7	269.6	27.4	56.7
	有意性	**	ns	*	ns	ns	ns	**
2年目	マルチ	50.0	77.3	38.9	9.8	304.3	36.7	76.3
	無処理	24.0	70.9	17.5	9.9	309.9	32.7	65.3
	有意性	*	ns	**	ns	ns	ns	*

注1) 処理区は各4反復

- 2) t検定で処理区間にnsは有意差がないことを, *は5%水準の有意差があることを, **は1%水準の有意差があることを示す
- 3) 30cm以上の長さの新梢を調査
- 4) 総伸長量は発生本数に長さを掛け合わせて算出

4. 考察

本節では、マルチ処理をニホンナシの早期成園化を目的に用いる技術として確立するため、生産者の新植圃場において収量や果実品質に及ぼす影響を現地検証するとともに、いや地現象が発生する改植条件下での効果を生産者の圃場において現地検証した。

マルチ処理による幼木の生育増大が収量の増加が結びつくことを明らかにするため、生産者の新植圃場で「幸水」大苗を用いて試験を行った。その結果、マルチ処理を行った樹の定植2年目の着果数は1.9倍になり、収量が2.1倍と増加した。着果数が多くなると、それに見合った乾物生産

量が伴わないと果実肥大が促進されないこと（大谷，2011）や乾物生産量を高めるためには光合成同化産物を生産するための葉量と光合成能力を高める必要があること（高橋，1998）が報告されている。本試験では、定植2年目のマルチ処理を行った幼木の生育は、新梢の発生本数や総伸長量が1.6倍および1.7倍に増加した結果、葉数が増加し同化産物も多くなったと推察され、1果重は処理区間に差がなかった。また、樹勢が盛んになっても果実品質は反対に低下することが多いこと（古屋，1995）が指摘されているが、本試験においては果実品質が無処理区と同程度であった。以上のことから、マルチ処理では、生産者の新植圃場におい

て、生育増大とそれに伴う収量増加を両立させることができた。

改植圃場におけるマルチ処理の有効性を「幸水」および「豊水」の大苗を用いて検討した。その結果、マルチ処理を行った「幸水」幼木の定植2年目の着果数は1.8倍になり、収量が1.9倍と増加し、果実品質が無処理区と同程度であった。マルチ処理を行った「幸水」幼木の定植2年目の生育は、新梢の発生本数が1.6倍に増大したが、総伸長量に差がなかった。また、マルチ処理を行った「豊水」幼木の

定植2年目の着果数は1.2倍になり、収量が1.3倍と増加し、果実品質が無処理区と同程度であった。マルチ処理を行った幼木の定植2年目の生育は、新梢の発生本数や総伸長量が2.1倍および2.2倍に増大し、主幹径が1.2倍と肥大し、収量が1.3倍と多くなった。なお、「幸水」と「豊水」の着果数は、生産者が樹の生育状況を勘案して調整したものである。

以上の結果、改植圃場でもマルチ処理による幼木の生育増大とそれに伴う収量増加を確認することができた。

第2節 シアナミド剤の散布が生産者の改植圃場に定植したニホンナシ大苗の生育に及ぼす影響

1. 緒言

第4章第2節で実施した圃場試験の結果、ニホンナシへのシアナミド剤の散布は、幼木の葉芽の発芽率を高め、初期生育を促進させる効果があることが明らかとなり、改植を推進する技術の一つとなる可能性がある。

そこで、本節では生産者の改植圃場に定植した「幸水」大苗を用いて、シアナミド剤の散布による生育促進効果を検証した。

2. 材料および方法

(1) 定植の方法

生産者のナシ改植圃場（千葉県八街市、腐植質普通黒ボク土、2013年12月に前作樹を伐採）において試験を実施した。

2014年3月に、定植位置を4m×4mの間隔に設け、植え穴を掘り、吉岡・石田（1982）の架線式大苗育成法により大苗育成圃場（八街市）で2年間育成した4本主枝の「幸水」（ホクシマメナシ台）大苗を定植した。

(2) 処理区の設定

試験はシアナミド剤を散布した区（以下シアナミド区とする）および無散布区を設定し、1区1樹として各区4反復とした。シアナミド剤の散布は第4章第2節と同様とし、2014年1月23日に大苗育成圃場で散布した。

(3) 栽培の概要

定植後の施肥は、年間の窒素分量で170g/樹とし、尿素と油かすを用い、年4回に分けて施用した。樹の仕立て

法は折衷式平棚仕立て（十文字方向）とした。かん水等の栽培管理は生産者が常法に準じて行った。

(4) 調査項目

葉芽の発芽は、2014年4月に各主枝の先端10芽（40芽/樹）を調査し、発芽数を調査した全芽数で除して発芽率を算出した。発芽率は角変換を行った後に、区ごとの平均値をt検定した。新梢、主枝および主幹径の生育は、定植後の2014年4月と落葉後の11月に測定した。新梢の生育は、長さ30cm以上の新梢の発生本数、長さおよび基部から10cm上部の節間の直径（基部径）を測定した。

主枝の生育は、主枝長として新梢に旧枝を加えた主枝全体の長さを測定し、主枝基部径として旧枝の基部から10cm上部の節間の直径を測定した。主幹の生育は、主幹径として接ぎ木部から10cm上部の主幹の直径を測定した。

新梢、主枝および主幹の生育については各区の平均値をt検定した。

3. 結果

(1) 定植時の樹の状態

定植時の主枝本数、主枝長、主枝基部径および主幹径は処理区間に有意な差がなかった（第34表）。

(2) 定植1年目の生育

葉芽の発芽率はシアナミド区が97.0%であり、無散布区の88.0%と比べ有意に高かった（第35表、写真9）。

新梢の生育は、発生本数ではシアナミド区が13.5本/樹であり、無散布区の7.5本/樹と比べ有意に多かった（第36表）。長さ、総伸長量および基部径は処理区間に有意な差がなかった。

主枝長、主枝基部径および主幹径は処理区間に有意な差がなかった。

第34表 生産者の改植圃場における「幸水」大苗の定植直後の主枝および主幹の状態

処理区 ^{注1)}	主枝			主幹径 (mm)
	本数 (本/樹)	長さ (cm)	基部径 (mm)	
シアナミド ²⁾	4	193.3	19.0	40.8
無散布	4	189.3	19.6	40.0
有意性 ³⁾	ns	ns	ns	ns

注1) 生産者圃場（八街市）で2013年12月に前作樹を伐採し、2014年3月に改植

2) シアナミド剤の10倍希釈液を2014年1月23日に動力噴霧器を用いて散布

3) t検定により処理区間にnsは有意差なし

第35表 シアナミド剤の散布が生産者の改植圃場に定植した「幸水」大苗の葉芽の発芽率に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	発芽率 (%) ²⁾
シアナミド	97.0
無散布	88.0
有意性 ³⁾	**

注1) 各区の概要は第34表に同じ

2) 2014年4月23日に各主枝先の10芽（40芽/樹）を調査

3) 角変換後t検定を行い、処理区間に**は1%水準の有意差がある



写真9 シアナミド剤を散布した樹の主枝先（左）と無散布の樹の主枝先（右、ともに4月15日）

第36表 シアナミド剤の散布が生産者の改植圃場に定植した「幸水」大苗の新梢生育，主枝生育および主幹径に及ぼす影響

処理区 ^{注1)}	発生本数 (本/樹)	新梢			主枝長 (cm)	主枝基部径 (mm)	主幹径 (mm)
		長さ (cm)	総伸長量 (m/樹)	基部径 (mm)			
シアナミド	13.5	53.8	6.1	8.3	258.1	26.1	50.6
無散布	7.5	52.4	4.1	8.6	246.9	25.2	50.1
有意性 ²⁾	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

注1) 各区の概要は第34表に同じ

2) t検定により処理区間にnsは有意差がないことを，**は1%水準の有意差がある

4. 考察

改植圃場ではいや地現象の発生により定植後の生育が抑制されるため（戸谷ら，2012），生産者の改植圃場でのシアナミド剤の散布効果の知見が必要であることから，これを「幸水」大苗を用いて実証試験した。その結果，第4章第2節で実施した圃場試験と同様に，葉芽の発芽率と新梢生育を有意に促進した。このように，改植後の幼木にもシアナミド剤の効果が得られたことから，本剤の散布は改植圃場における早期成園化を目的に用いる技術の一つとなる可能性が示唆された。

シアナミド剤の散布は，第4章第2節で実施した圃場試験と同様に，主枝や主幹径の生育を促進する効果は認められなかった。一方で，散布にかかる時間は1年生苗木を定植した場合，1年目が10秒程度/樹，3年目が30秒程度/樹と短時間である。生産者に実施したアンケート調査によると，改植時の問題点として，労働力の不足が大きな割合を占めている（データ未発表）。そのため，シアナミド剤の散布は，生育促進効果が限定されるが，短時間で多くの苗木に対して散布できることから，生産現場でも普及が容易であると考えられる。

第6章 総合考察

ニホンナシは老木になると、樹が衰退し新梢の伸長が弱くなり、花芽の質が低下することから結果量が減少し、収量も低下するので経営が成り立たなくなる(平田, 1983)。そこで、新しい樹に改植および新植することは、産地の生産力を維持するために重要である。

しかし、改植した幼木の生育が不良になることが多く、生産者が改植を躊躇する要因の一つとなっている。生育不良の要因としては、白紋羽病による枯死やかん水などの栽培管理の不徹底などが挙げられる。一方で、原因が不明な場合も多く、その一つとして、いや地現象の発生が指摘されてきた(平野, 1964)。しかし、後作の苗木でどの程度いや地現象が発生するのか、その原因について実験的に明らかにした報告はない。そこで、本研究では「幸水」の栽培跡地に1年生苗木を定植し生育を調査したところ、地上部生体重量は同一圃場内の新土区に比べ「幸水」が53~64%、「あきづき」が25~68%となり著しく生育が劣った。また、いや地現象の発生原因としては、土壌の硬度や化学性、土壌病害虫の関与が小さいことが明らかになった。さらに、いや地現象の発生には品種間差があることが明らかとなり、「あきづき」では「幸水」、「豊水」および「新高」と比べ生育が大きく抑制されることが明らかになった。いや地現象を軽減させる対策として、客土、活性炭および活性炭フロアブル剤を施用して効果を検討した。その結果、客土は、定植1, 2年目の新梢伸長量が無処理区に比べて有意に大きくなり、2年目の生体重量が無処理区の1.7倍となるなど、新植圃場に植えた場合と同程度まで生育したことから、いや地現象の軽減に効果があることが明らかになった。

改植や新植が進まない原因の一つに、1年生苗木を定植してから結実するまで7~8年と長期間を要することも大きい。そのため、定植した1年生苗木の生育を良好にして、初結実までの期間を短縮し、成園化を促進する技術が必要である。本研究では、マルチ処理やシアナミド剤の散布、点滴かん水による生育促進効果を検討した。その結果、マルチ処理による幼木への生育促進効果は、新梢の発生本数が少ない場合は1本当たりの長さが長くなり、発生本数が多くなる場合は1本当たりの長さが無処理区と同程度になるが、いずれの場合も総伸長量が増大する。栽培面から考えると、1年生苗木を定植した1年目は、早期に摘心し新梢本数を制限することで、長く太い主枝を育成することができる。また、1年生苗木の定植2年目以降や大苗を定植した場合は、新梢の発生本数を増加させることで側枝候補の確保が容易になり、樹全体の生育向上につながると考えられる。さらに、改植圃場では、客土にマルチ処理を併用することによって、定植1, 2年目の新梢の生育や主幹径の肥大が客土単独と比べ増大し、幼木の生育がさらに促進された。これらのことから、マルチ処理は新植圃場だけでなく改植圃場においても、客土とマルチ処理を併用することで、いや地現象の影響を軽減すると同時に生育が促進されることで早期成園化が図れるものと判断された。

ニホンナシにおいて開花安定のために用いられているシアナミド剤を、1年生苗木に散布したところ、葉芽の発芽率は無散布区と比べ有意に高く、花芽だけでなく、葉芽の発芽を促すことが明らかとなった。また、新梢の生育促進効果も認められた。さらに、シアナミド剤を生産者が手軽に使用できるように、散布適期を算出するシステムを開発した。

生産者に普及が進んでいる成園化を促進する技術としては、苗木圃場で主枝を直立に伸長させた大苗(吉岡・石田, 1982)を用いる方法がある。しかし、大苗は定植後の初期生育が不良になりやすく、改植に失敗する事例が多い。そこで本研究では、点滴かん水やマルチ処理による大苗の生育促進効果を明らかにした。その結果、点滴かん水した区の新梢の生育や樹冠の大きさは、定植1~2年目ともに無処理区と比べ増大し、果重も無処理区に比べ7%重くなった。また、マルチ処理でも新梢生育や樹冠の大きさは、定植1~2年目ともに無処理区に比べ増大し、大苗に用いた場合でもマルチ処理の生育促進効果が確認できた。

最後に、本研究で開発した生育促進技術を用いて、生産者の新植圃場と改植圃場において実証試験を行った。新植圃場で「幸水」大苗を用いて試験を行った結果、マルチ処理を行った樹の定植2年目の着果数は無処理区の1.9倍になり、収量が2.1倍と増加した。マルチ処理を行った幼木の生育は、新梢の発生本数や総伸長量が1.6倍および1.7倍に増加しており、この結果、葉数が増加し同化産物も多くなったと推察された。樹勢が盛んになると果実品質は反対に低下することが多いが、本試験では果実品質は無処理区と同程度であった。以上のことから、マルチ処理は、新植圃場において無収穫期間を短縮し早期成園化を促進できると考えられた。改植圃場におけるマルチ処理の有効性を検討した結果、マルチ処理を行った「幸水」幼木の定植2年目の着果数は1.8倍になり、収量が1.9倍と増加し、果実品質が無処理区と同程度であった。マルチ処理を行った「豊水」幼木の定植2年目の着果数は1.2倍になり、収量が1.3倍と増加し、果実品質が無処理区と同程度であった。改植圃場では、いや地現象により定植後の幼木の初期生育が抑制される場合が多いが、マルチ処理は改植圃場においても幼木の生育増大とそれに伴う収量増加を期待できる。さらに、生産者の改植圃場でシアナミド剤を散布したところ、葉芽の発芽および新梢の生育を有意に促進したことから、改植圃場の早期成園化のために利用できる可能性が示唆された。

本章では、本研究で得られたニホンナシの改植時の改善方法や植え付け時の処理による生育促進方法などの知見を基に、生産現場への普及や課題、経費と労働時間、技術の体系化および今後の研究展開について考察した。

1. 生産現場への普及と課題

千葉県におけるニホンナシの老木の割合は4割と高く

(千葉県, 2016), 生産力の維持を図るために, 後継者がいる生産者を中心に改植が行われている。改植には, 部分的に老木化した樹を伐採する方法と, ある面積を一挙に改植する方法がある。一挙に改植する方が, 部分的に改植するより樹の生育が良いと言われているが, 生産量が激減するため, 多くの生産者が部分的に老木化した樹を抜いて, 抜いた跡地を中心に苗木を定植するのが一般的である。そのため, いや地現象の発生リスクは高く, 多くの生産者圃場では改植した幼木の生育が悪いことが問題になっている。特に, いや地現象の影響を強く受け生育が抑制される「あきづき」は, 改植した幼木の生育が悪く, 生産量が思うように増加していない。これらの産地の現状は, 本研究で明らかになった知見と同様であり, 早期成園化を促進するためにはいや地現象を軽減する対策を立てる必要がある。その対策の一つとして客土は, 各地域に設置した展示圃場などを通じ普及が進んでいる。しかし, 生産者からは客土する土壌の入手方法や黒ボク下層土などの本来の圃場と異なる土壌を用いた場合の幼木の生育への影響, 客土量が600Lでは手軽に使用できないので量を減した場合の効果の有無などについて課題が挙げられている。

開発した生育促進技術の一つとして, マルチ処理は樹全体の生育を促進でき, 手軽に行えることから生産者の関心が高く普及が始まっているが, それに伴い課題が生じている。その一つとして, 黒色や緑色ポリエチレンフィルムを使用した場合の効果が挙げられる。黒色や緑色ポリエチレンフィルムは, 雑草の伸長抑制と地温の上昇効果が両立するとされており, 生育促進効果が期待できると考えられる。また, 本研究では腐植質普通黒ボク土の圃場での試験が中心であるが, 千葉県では砂質土壌や粘土質土壌のナシ園があるため, 土性の違いについて検討する必要がある。さらに, マルチ処理の生育促進効果は, 5~6月の生育初期に発揮されていることや7月後半以降の土壌水分が無処理区に比べ低く推移することから, ポリエチレンフィルムを7月後半以降に取り除いた場合の効果の有無を確認する必要がある。加えて, マルチ処理の生育促進効果の要因として, 5~9月までの土壌中の硝酸態窒素濃度が高いことが挙げられているが, 濃度が高すぎる可能性があるため施肥量を削減した場合の効果を確認する必要がある。

シアナミド剤の散布は, 動力噴霧器を利用すると手軽に実施できることから, 多くの苗木を定植した場合に有効な方法と考えられる。しかし, 効果を安定的に出すためには, シアナミド剤の散布適期を正確に判定する必要があり, 生産者に判定方法を普及させる必要がある。また, シアナミド剤の効果は, 発芽率向上や新梢生育の一部の増大に限定され樹全体の生育を向上させる効果が乏しいため, ジベレリンペーストを併用して新梢生育をより増大させる必要があると考えられ, 今後の検討を要する。なお, シアナミド剤は, プレッシャー剤としての機能があるため, 過度の連用は避けることが望ましい。このため, 幼木の生育促進での利用は, 定植1~3年目の主枝や側枝となる新梢を確保したい場合に使用する。

点滴かん水は, 初期の設置に費用や労力がかかるが, 一度導入すれば成園した後も使用でき, 果実が大果となり増収効果もあるため利点が大きいと考えられる。

以上のように, 生産現場では環境条件が様々であり, 改植や新植を行う際にも課題が大きく異なっている。そのため, 本研究で開発した技術や知見は, 第14図に示したように, その特徴に合わせた使用方法を体系的に生産者に普及していくことが重要となる。

2. 経費や労働時間, 経営面からみた客土や生育促進技術

ニホンナシは, 成木では1樹当たり(4本主枝仕立て, 栽植密度20.4本/10aの場合)約5~6万円の粗収益がある(千葉県, 2003)。主力品種の「幸水」の経済樹齢は, 概ね30年程度とされており(高橋, 2016), 30年を過ぎたあたりから収量が減少し果実も小玉になるため, 収益が最盛期の25%程度まで低下するとの報告(データ未発表)もある。そこで, 本研究で開発した技術を用いて幼木の生育を促進すれば, 早期の収益向上が可能となり, 改植や新植が促進されることが期待される。しかし, 生産現場で新しい技術を導入するためには, 経費や労働時間が重要であるため, 客土やマルチ処理等の生育促進技術について, 経費や処理時間を算出した。

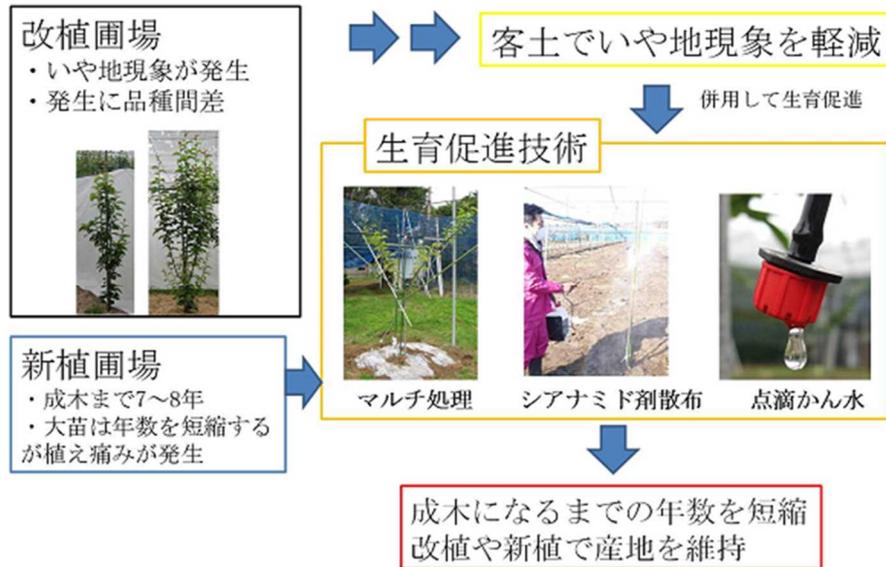
客土は, 1穴当たりの経費では, 客土する土壌を購入すると6千円(600Lの場合)であった。1穴当たりの作業時間では, バックホーで穴を掘り, フロントローダで土を運搬したところ, 2人で作業し20分であった。いや地現象が発現した場合, 改植した幼木の生育は抑制され, 成木になるまでの期間が数年単位で延長されるため, 客土を用いたいや地現象の軽減による経済効果は高いと考えられる。

マルチ処理に使用する資材の価格は, 農業用ポリエチレンフィルム(透明, 厚さ0.02mm, 長さ100m, 幅1m)が1千円で, 肥料(被覆燐硝安加里413, 10kg)が3千円である。この価格を用いて0.5m四方を被覆した場合(1年生苗木を定植した1年目の場合)の経費を計算すると, 300円/樹となる。マルチ処理を行った場合の収量は, 第5章第1節で実施した現地試験の場合は, 「幸水」では6.4kg/樹増加する。収益は, 600円/kgで計算すると3,840円/樹が向上する。それに加え, 新梢や主幹径の肥大など樹全体の生育が促進されるため, 早期成園化も同時に進めることができる。また, マルチ処理は, 鍬などで溝を掘り, 施肥をした後にポリエチレンフィルムを張り付けて実施するが, 労働時間は0.5m四方を被覆した場合, 1人で作業して10分である。さらに, ポリエチレンフィルムを要所ごとに固定ピンで留めると, 溝を掘る手間が削減できる。一方で, マルチ処理を行うことで, 除草を省略でき, 施肥回数も半減できたため, 全体を通じた労働時間は短縮されると考えられる。

シアナミド剤(2L/本)の価格は4千円である。定植した1年生苗木に動力噴霧器を用いて10倍希釈で散布した事例では, 散布量は1年目が100ml/樹で, 3年目が320mlであった。この場合の経費は, 1年目が20円/樹, 3年目が64円/樹である。シアナミド剤は, 開花時期の調整に用いる場合

にはスピードスプレーヤーで散布するため経費が高くなるが、幼木の生育促進では、低コストで使用することができ

る。また、散布時間は、1年目が10秒/樹で、3年目が30秒/樹であった。



第14図 ニホンナシの改植時の改善方法や植え付け時の処理による生育促進方法の体系図

3. 今後の研究展開

いや地現象の原因としては、モモでは前作樹の根に由来する青酸配糖体が（水谷ら，1977），ウメでは青酸配糖体の分解物の安息香酸が同定され（大江ら，2002），改植した幼木の根の呼吸を阻害することが報告されている。ナシでは、阻害物質の同定には至っていないが、根の水抽出液をナシの苗木にかん注すると生育が無処理の70%程度になることが報告されている（平野・森岡，1964）。これらのことから、ナシにおけるいや地現象の原因を明らかにするためには、栽培跡地に蓄積されているいや地物質の特定や放出源を解明する必要がある。また、いや地現象の影響の強弱（いや地現象の発生リスク）は、改植する樹の樹齢や品種、圃場の土性および抜根後の経過時間等によ

り差があると考えられている。また、いや地現象の影響が見られる範囲や深さ、経時変化については明らかでない。そこで、いや地現象の発生リスクを数値化し評価する方法が確立できれば、本研究で開発した客土やマルチ処理などの対策を発生リスクに応じて選択することが可能となる。

本研究は、1樹当たりの生育量をいや地現象の影響を軽減しつつ生育促進技術を併用することで、最大限にすることに主眼を置いている。一方で、近年、ジョイント（柴田，2005）や根域制限（大谷，2011）といった栽培方法を根本的に変えた方式による早期成園化が開発され、生産現場に普及が始まっている。シアナミド剤の散布やマルチ処理による幼木の生育促進は、これらの方法に応用できると考えられ、今後の検討が必要である。

引用文献

- 浅野裕城・キブコリオニ L. ルット・水谷房雄 (2003) モモのいや地におけるVA菌根菌と客土の影響.園学雑.72 (1) .70.
- 安西徹郎 (2001) 土壌学概論 (犬伏和之・安西徹郎編) . pp79-80.朝倉書店.東京.
- 千葉県 (2003) 果樹栽培標準技術体系 (経営収支試算表) . pp1-36.千葉県.千葉.
- 千葉県農林水産技術会議 (2006) 土壌, 水質および作物分析診断.pp4.千葉県.千葉.
- 千葉県 (2016) 千葉県果樹農業振興計画.pp2.千葉県.千葉.
- 古屋 栄 (1995) 肥効調節型肥料による施肥技術の進展 開4 果樹の被覆肥料施肥技術.土肥誌.66 (5) .574-580.
- 平井達也・北口美代子・曾良久男 (2013) イチジク挿し穂の活着と生育に及ぼす挿し木床および挿し穂の温度と水分の影響.千葉農林総研研報.7.19-26.
- 平野 暁・森岡節夫 (1964) 果樹における根分泌物の生長抑制作用の種類間関係について.園学雑.33 (1) .13-22.
- 平野 暁・森岡節夫 (1971) モモのいや地に関する研究 (第8報) .千葉暖園試研報.2.7-17.
- 平田尚美 (2001) 農業技術大系果樹編3.pp31-133.農山漁村文化協会.東京.
- 廣田隆一郎 (1990) ナシ便利帳 高糖度, 良玉づくりのポイント120.pp30.農山漁村文化協会.東京.
- 細見彰洋・内山知二 (1998) イチジクいや地圃場における生育阻害要因.園学雑.67 (1) .44-50.
- 猪崎政敏 (1986) 果樹園芸.pp63-151.地球社.東京.
- 北川建一 (2004) 苗木の養成と取り扱い方. pp 228の4.農業技術体系 果樹編 ナシ.追録第4号.農文協.東京.
- 壽 和夫・齋藤寿広・町田 裕・佐藤義彦・阿部和幸・栗原昭夫・福田博之 (2002) ニホンナシ新品種「あきづき」. 果樹研報.1.11-21.
- 熊代克己・山本浩文 (1992) 5種のリンゴ台木における連作障害.信州大学農学部紀要.29 (1) .9-12.
- 黒木克翁・岡田裕幸・竹村圭弘・平岡雅広・武田 誠・富山政之・田村文男 (2010) ニホンナシの果実発育並びに樹体成長に及ぼすシアナミド処理の影響.園学研.9別2: 119.
- Laurenson, M., A. Otuka and S. Ninomiya (2002) Developing Agricultural Models Using MetBroker Mediation Software.農業気象.58 (1) .1-9.
- 農林水産省果樹試験場 (1994) 育成系統適応性検定試験・特性検定調査方法.pp.56-58.農林水産省.東京.
- 農林水産省統計部 (2008) 平成18年度果樹生産出荷資料. pp46-48.農林水産省.東京.
- 農林水産省 (2010) 平成20年度果樹生産出荷資料.pp52.農林水産省.
- 大野秀一・三井友宏 (2008) シアナミド液剤処理が露地栽培ニホンナシ「幸水」の開花に及ぼす影響.園学研.7 (別1) .296.
- 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.栃木農試研報.68.1-70.
- 大江孝明・岩尾和哉・細平正人・菅井晴雄 (2002) ウメ‘南高’ 幼木の成長に及ぼす根含有成分の影響, 和歌山農林水技セ研報4.23-32.
- 大江孝明・西原英治・平田 武 (2009) 活性炭の混和がウメ連作土の生育阻害活性に及ぼす影響. 園学研. 8 (別1) .75.
- 大江孝明・岡室美絵子・西原英治・平田 武 (2010) 連作土への活性炭の混和がウメ幼木の生育に及ぼす影響. 園学研. 9 (別1) .72.
- 元木 悟・服部俊雄・岡 准次・小村朋三・小澤智美・小松和彦・塚田元尚 (2002) アスパラガスのアレロパシーに関する研究 (第5報) 活性炭フロアブル剤の浸漬処理およびかん注処理の現地実証試験. 園学雑. 71 (別2) .170.
- 水谷房雄・杉浦 明・苫名 孝 (1977) モモのいや地に関する研究 (第1報) .園学雑.46 (1) .9-17.
- 関本美知・大野敏郎 (1976) 火山灰土におけるナシ幸水の生理生態的特性に関する研究 (1) 果実生産からみた花芽,果実および根の生態的特性.千葉農試研報.17: 86-94.
- 柴田健一郎・川嶋幸喜・関 達哉・北尾一郎 (2005) 樹体ジョイント法によるニホンナシ「幸水」の超早期成園化技術開発 (第1報) 定植時に全ての主枝を連結完成させる一挙ジョイント法の検討.園学雑.74 (別1) .259.
- 杉浦俊彦・本條 均 (1997) ニホンナシの自発休眠覚醒と温度の関係解明およびそのモデル化.農業気象.53.285-290.
- 佐藤公一・森 英男・松井 修・北島 博・千葉 勉 (1991) 果樹園芸大辞典.pp157-158.養賢堂.東京.
- 田村文男 (1999) 落葉果樹の芽の休眠.植物の化学調節.34.264-272.
- 田村文男 (2013) 年間の生育経過.農業技術大系 果樹編3. pp30.農山漁村文化協会.東京.
- 高橋国昭 (1998) 物質生産理論による落葉果樹の高生産技術. pp2-304.農文協.東京.
- 高橋ゆうき (2016) 老木園の更新 (1) 改植の試算.標準技術体系.pp89-90.千葉県.千葉.
- 戸谷智明・川瀬信三 (2011) 気温上昇が千葉県内におけるニホンナシ「幸水」の休眠期と開花期に及ぼす影響.園芸学研究.10.531-536.
- 戸谷智明・川瀬信三・北口美代子 (2011) 定植後の点滴かん水やマルチがニホンナシ大苗の初期生育に及ぼす影響. 千葉農林総研研報.3.73-78.

- 戸谷智明・川瀬信三・北口美代子 (2012) ニホンナシにおけるいや地現象の発生と原因. 千葉農林総研研報.4. 57-62.
- 戸谷智明・川瀬信三 (2013) 生育予測モデルに基づくニホンナシ開花予測システムの開発. 千葉農林総研研報.5.11-17.
- 戸谷智明・加藤 修・藤井義晴 (2014) ニホンナシ改植における客土のいや地現象軽減効果およびマルチ処理の併用による若木生育促進効果.園芸学研究.13 (3). 229-234.
- 戸谷智明・押田正義・加藤 修・富山政之・藤井義晴 (2015) シアナミド剤の散布によるニホンナシ「幸水」幼木の生育促進効果の検証および散布適期判定システムの開発.千葉農林総研研報.8.9-17.
- 和 中 学・堀田宗幹 (2011) 活性炭および土壌消毒処理によるモモの連作障害軽減効果.和歌山農林水技セ研報.12.33-44.
- 山口勝市 (1991) 改植障害.pp157-158.佐藤公一ら編著.果樹園芸大辞典.養賢堂.東京.
- 吉川瑛治レオナルド・Robson Ryu Yamamoto・José Luiz Petri・Fernando José Hawerroth・山根健治・本條 均 (2014) 休眠期のシアナミド処理がニホンナシ「幸水」および「豊水」の発芽・開花に及ぼす影響.園学研.13 (2).143-153.
- 吉田 亮 (2004) 農業技術大系果樹編3.pp228の8.農山漁村文化協会.東京.
- 吉岡四郎・石田時昭 (1982) 架線方法によるナシ大苗の育成法.千葉農試研報.23.49-57.

要 旨

千葉県は全国一のニホンナシの生産県であるが、樹の老木化に伴い生産力の低下が著しく、幼木への改植が重要な課題になっている。しかし、改植した幼木は生育が不良になることが多いため、これらの問題を解決して産地の生産力を維持強化する必要がある。生育不良の要因の一つとして、いや地現象の発生が指摘されてきたが、後作の苗木でどの程度いや地現象が発生するのか、その原因について実験的に明らかにした報告はない。そこで、本研究では、いや地現象の発生を明らかにするため、「幸水」を抜根した跡地に「幸水」または「あきづき」の1年生苗木を前作樹主幹位置から等間隔に定植し、生育を調査した。その結果、地上部生体重は新土区に比べ「幸水」が53～64%、「あきづき」が25～68%となり、特に「あきづき」では前作樹主幹位置に近いほど生育が抑制された。生育の差が顕著に見られた「あきづき」の跡地土壌を分析した結果、土壌の化学性および硬度には違いがなかった。また、ダゾメットによる土壌消毒でも効果が認められなかったことから、いや地現象の発生には土壌病害虫の関与は小さいと考えられた。以上のことから、ニホンナシの栽培跡地ではいや地現象が発生することが明らかになり、その発生程度は品種間で差があることが示唆された。次に、「幸水」を抜根した跡地の土壌(連作土)をポットに充填し、「幸水」、「豊水」、「新高」および「あきづき」の1年生苗木を定植して、いや地現象発生時の品種間差を明らかにした。その結果、「あきづき」の連作土区では、新土区と比べ、新梢生育や生体重が有意に抑制された。「幸水」などでは、いや地現象による生育抑制が部分的に確認されたが、「あきづき」に比べるといや地現象による影響が少ないと考えられた。以上のことから、ニホンナシにおけるいや地現象の発生には品種間差があることが明らかとなり、「あきづき」では他の品種と比べて生育抑制が顕著であった。

いや地現象の軽減を図るため、改植時に客土、活性炭および活性炭フロアブル剤を施用して、その効果を検討した。その結果、客土区における幼木の生育は、定植1、2年目の新梢伸長量が無処理区に比べて有意に大きくなり、2年目の生体重が無処理区の1.7倍となった。さらに、客土に加えて幼木の株元をマルチ処理することによって、定植1、2年目ともに新梢生育が客土単独よりも増大した。これらのことから、客土はいや地現象の軽減に効果があることが明らかになり、マルチ処理を併用することで幼木の生育がより促進された。

改植や新植が進まない原因の一つに、苗木を定植してから結実するまで7～8年と長期間を要することも大きい。そのため、定植した幼木の生育を良好にして、成園化を促進する技術が必要である。本研究では、マルチ処理やシアナミド剤の散布による1年生苗木の生育促進効果を検討した。マルチ処理を3年間継続して行った結果、定植2、3年目では新梢の発生本数や総伸長量が無処理区と比べ1.8～2.1倍に増大した。マルチ処理で幼木の生育が促進される要因を検証したところ、地温の上昇で細根量が増加することと土壌中の硝酸態窒素が高まったことにより、新梢生育が増大し葉数も増加することで同化産物が多くなった結果、樹の生育が向上したと推察された。また、シアナミド剤を散布した結果、葉芽の発芽率は無散布区と比べ有意に高くなり、新梢の生育促進効果も認められた。なお、シアナミド剤は散布時期が重要なため、アメダスデータから散布適期を算出できるシステムを開発した。さらに、既存の早期成園化技術である大苗の初期生育を向上させるため、点滴かん水やマルチ処理を行って、幼木の生育に及ぼす影響を調査した。その結果、点滴かん水やマルチ処理をした幼木は、定植1、2年目ともに新梢生育や樹冠が無処理区に比べ増大した。

最後に、開発した生育促進技術を生産者の圃場で実証した。新植圃場で「幸水」大苗を用いて試験を行った結果、マルチ処理を行った樹の定植2年目の着果数は無処理区の1.9倍になり、収量が2.1倍と増加した。着果数が多くなると、それに見合った乾物生産量が伴わないと果実肥大が促進されないが、マルチ処理を行った幼木の生育は、新梢の発生本数や総伸長量が1.6倍および1.7倍に増加しており、この結果、葉数が増加し同化産物も多くなったと推察された。また、改植圃場において、マルチ処理を行った「幸水」および「豊水」幼木の定植2年目の着果数は1.2～1.8倍になり、収量が1.3～1.9倍と増加し、果実品質が無処理区と同程度であり、新梢生育も増大した。さらに、改植圃場においてシアナミド剤の散布による生育促進効果を検証したところ、圃場試験と同様に発芽率の向上や新梢生育の増大が実証された。

以上の結果から、本研究では、ニホンナシの改植時に発生するいや地現象に関する知見を明らかにするとともに、その軽減対策や定植後の生育促進技術を確立し、早期成園化を促進するために体系化した。

Summary

The Mitigation of Replant Failure and Improvement Method on the Growth of Young Japanese Pear Tree ~ Generation of Soil Sickness Syndrome and Mitigation of Replant Failure Growth, Promotion Effect ~

Tomoaki TOYA

Cultivation of Japanese pear, which is a major fruit in Japan, it comes to lowering the tree vigor and yield by old tree. So it is necessary to replant in every 30 years in production region. But the growth of replanted trees were usually suffered, it has become one of the hesitant cause replanting for the grower. One of the reasons for replanting and new planting does not progress, it take 7-8 years until stable harvest. So it is necessary to improvement method on the growth of young trees and short period until the first fruition. We investigated the generation and a cause of soil sickness syndrome, the mitigation of replant failure and improvement method for culturing trees of Japanese Pear growing up in a short period by applying the cyanamide and mulching. Eventually, they organize in order to diffusion of innovations towards the grower site.

1. Soil sickness syndrome in Japanese Pear

(1) Generation and cause of soil sickness syndrome

We investigated the generation and a cause of soil sickness syndrome in Japanese pear, cultivar 'Kosui'. In both 'Akizuki' and 'Kosui', growth of trees in a nursery planted in virgin soil was better than that of trees planted on the site of the cultivar 'Kosui'. Growth of trees of the nursery cultivar 'Kosui' planted on continuously cropped soil was 2.0 to 2.4kg/tree and did not differ among planting intervals. However, growth of the trees of the nursery cultivar 'Akizuki' planted on continuously cropped soil was 1.1 to 3.0kg/tree and was inferior close to the center. Soil hardness and soil chemicals in the nursery cultivar 'Akizuki' planted on continuously cropped soil did not differ among planting intervals. Growth of trees of the nursery cultivar 'Kosui' planted on continuously cropped soil disinfested with dazomet was worse than that of trees planted on virgin soil.

(2) Varietal difference of soil sickness syndrome

We investigated the varietal difference of soil sickness syndrome in Japanese pear cultivar 'Kosui', 'Housui', 'Nii-taka' and 'Akizuki' planted pot that the full continuously cropped soil or virgin soil. The mean weight of the nursery cultivar 'Akizuki' trees in the continuously cropped soil was 60.4% worse than that of the virgin soil at one years. In cultivar 'Kosui', 'Housui' and 'Nii-taka', there was no significant difference in the mean weight of the nursery between trees planted on continuously cropped soil or virgin soil, although the effects of partial to the growth inhibition by soil sickness syndrome had been confirmed. In conclusion, Japanese pear is a difference between the varieties by the effects of soil sickness syndrome, cultivar 'Akizuki' growth inhibition compared to the other varieties in particular.

2. Mitigation of replant failure of Japanese Pear by topsoil dressing and mulching

We investigated the effects of topsoil dressing, activated carbon, and activated carbon flow on the mitigation of replant failure of Japanese pear by growing young trees of 'Kosui' for two years. Shoot growth was greater in trees planted in a field treated with topsoil dressing than in trees in a non-treated field (control) both at one and two years. The mean weight of trees in the topsoil-dressing field was 170% greater than that of the control at two years. There was no significant difference in growth between trees in an activated carbon or activated carbon flow field and the control. We also compared shoot growth between the trees in a field treated with topsoil dressing along with polyethylene film mulching and those in a field treated with topsoil dressing alone. Both at one and two years, shoot growth was greater in trees in the field treated with topsoil dressing and mulching than in the trees in the field treated with topsoil dressing alone. In conclusion, topsoil dressing has a positive effect on the mitigation of replant failure in young trees. The combination with mulching further promoted the growth of young trees.

3. The development of improvement method on the growth of young Japanese Pear trees

(1) Effects of mulching on the growth of Young Japanese Pear trees

In order to establish the method for culturing trees of Japanese Pear growing up in a short period by polyethylene film mulching, we carried out the following verification test. The factors that growth of young trees is promoted by mulching, the amount of root increased by soil temperature rises and nitrate nitrogen increased in soil were presumed to lead to enhanced shoot growth of trees and number of leaves, that lead to increased photosynthate. Shoot proximal diameter and trunk diameter were enlarged, that is presumed to lead to increased Storage nutrients of pear trees in the mulched nursery. From these things, mulching promoted growth of young trees. In cultivar 'Kosui' trees treated with mulching for three years, the number of shoots and total elongation of shoot growth were greater than in controls at two and three years.

(2) Improvement method on the growth of young Japanese Pear trees by spraying the cyanamide and development of a system for calculating the appropriate timing for spraying

In order to establish the method for culturing trees of Japanese pear 'Kosui' growing up in a short period by applying the cyanamide, which is the chemical used for stabilizing the flowering, we carried out the following verification test and system development. In case the cyanamide was sprayed on the nurse trees in orchard field, the sprouting rates of leaf bud at a year and two were 94.0% and 96.5% respectively, both of which were significantly greater than no-treatment trees (controls). The number of shoots and total elongation of shoots were greater than the controls at three years. Therefore, we consider that cyanamide could be used not only for stabilizing the flowering, but also for facilitating the early bearing of replanted orchard field. We developed a system which calculates the appropriate timing for spraying the cyanamide by downloading the temperature data by AMeDAS(Japan Meteorological Agency official website) into a personal computer automatically, and then calculates the DVI (developmental indexes) according to the growth forecast model.

(3) Effects of drip irrigation or mulching on plant growth in an aging nursery of Japanese Pear

We investigated the effects of drip irrigation or mulching on plant growth in an aging nursery of Japanese pear, cultivar 'Akizuki', after planting the first year and the second year. Shoot growth and canopy development in the drip-irrigated nursery was better than for trees that were custom cultivated. In the second year after planting the nursery, fruit weight for drip-irrigated trees increased by 7% compared with that of custom cultivated trees. The volume water content of soil on drip-irrigated trees was maintained at a higher level than that of custom cultivated trees. This higher soil water content is presumed to have a positive effect on shoot growth and canopy development. Shoot growth and canopy development of trees in the nursery mulched by polyethylene film was better than for trees that were custom cultivated. The soil temperature in May was 3.3 degrees higher in the mulched nursery compared with custom cultivation. This elevated soil temperature is presumed to lead to enhanced root extension activity of pear trees in the mulched nursery.

4. Improvement method on the growth of young Japanese Pear trees in demonstration of the production site

(1) Effects of mulching on the growth of Young Japanese Pear trees

In case the mulching on an aging nurse trees in producers orchard field, the number of fruit and yield were greater than the controls in the second years after planted. The reason for this was growth of young trees is promoted by mulching. The effects of polyethylene film mulching on the mitigation of replant failure of Japanese pear by growing young trees of 'Kosui' for two years. In case mulching on an aging nursery of cultivar 'Kosui' and 'Housui' in the replanted orchard field, both yield and growth of young trees were significantly greater than controls. Therefore, we consider that Mulching could be used for facilitating the early bearing of replanted orchard field. In conclusion, in young trees, increasing effects of polyethylene film mulching on the yield and growth of young trees in producers orchard field, were confirmed.

(2) Improvement method on the growth of young Japanese Pear trees by spraying the cyanamide

In case the cyanamide was sprayed on an aging nursery in the replanted orchard field, both sprouting rates of leaf bud and the number of shoots were significantly greater than controls, as an aforementioned example.

謝 辞

本研究では、これまでに取り組んできた研究内容をまとめるため、多くの方々のご協力をいただきました。

主指導教員の東京農工大学大学院教授 藤井義晴博士，副指導教員の茨城大学大学院教授の小松崎将一博士，東京農工大学大学院助教の鈴木栄博士には本研究の実施に当たり終始適切な御指導を賜りました。

果樹生産者の新井康夫氏，新井悠太氏には試験展示圃を設置し生育促進技術の実証試験に取り組んでいただきました。また，日本カーバイド工業株式会社の富山政之氏や協和発酵バイオ株式会社の梶真澄氏には，製剤の利用法などについて貴重な助言をしていただきました。

千葉県農林総合研究センター果樹研究室の川瀬信三氏，鈴木健氏，加藤修氏には，種々の御指導をいただきました。

塩田あづさ氏を始め，押田正義氏，平井達也氏，中嶋達男氏，伊藤勝利氏，糸賀浩氏，田中寿美栄氏，永野浩嗣氏，大場貴史氏，御園康弘氏，菊池陽介氏には，果樹研究室とともに栽培管理などに携わり，多大な御尽力をいただきました。片瀬雅彦博士や牛尾進吾氏，大木浩氏には統計処理やシステム作成を御支援していただきました。八槇敦氏や塚本崇志博士には土壌分析を御教授いただきました。齊藤俊一氏や金坂菜穂子氏を始めマネジメント室の皆様には，論文などの成果を発表する際に御支援をいただきました。

最後に，2人の娘たちと妻，家族には温かく論文作成などを見守ってもらいました。

ここに記して深く感謝の意を表します。