〔短報〕

リンゴ「ハックナイン」良質果生産のための樹冠下植生管理と窒素施肥対応

三木　直倫[*1]　稲川　裕[*2]　村松　裕司[*2]　山口　作英[*3]

樹勢が強い「ハックナイン」の良質果生産のための適正窒素施肥量と樹冠下の植生管理法について検討した。成木期の「ハックナイン」は無窒素栽培でも適正な窒素栄養診断基準を上回り，その傾向は通路および樹冠下草生部分のマメ科草混生率が高い園で顕著であった。樹冠下より通路草生部分に伸長する根数密度は「つがる」に比較して「ハックナイン」で大きく，草生部分におけるマメ科牧草の固定窒素も含めた循環する窒素を利用できる態勢が大きいと推定した。「ハックナイン」樹冠下への吸肥力の強いイネ科牧草（ペレニアルライグラス）の追播は葉中窒素濃度を低下させ，果実品質を高めた。逆に草生の除去は葉中窒素濃度を高め果実品質を顕著に低下させた。このことから成木期の「ハックナイン」の施肥は基本的に無窒素とするとともに樹冠下草生栽培が有効であると判断した。なお，葉中窒素濃度が基準値を下回った場合，窒素40kgha^{-1}程度の施肥を行う。

緒　言

「ハックナイン」はジューシーで食味が良好な品種として昭和61年に品種登録されて以来[14]，急速に栽培面積を拡大し，一時は180ha，生産量1,060tに達し[4]，さらなる拡大が期待されていた[2]。

しかし，「ハックナイン」は一般に樹勢が強く，果実の着色管理が難しいため，果実品質も劣って，市場での評価も低いのが現状である。

これまで「ハックナイン」の栽培法として整枝剪定[6]，着果調節[11]等による樹勢コントロール法が検討され，さらに，前報[8]では「ハックナイン」の葉窒素診断基準値として上限値は2.2%，下限値は暫定値として1.8%が適正であり，葉色値は「ハックナイン」用葉色板[7]で上限６，下限５と設定した。同様に「つがる」についても葉窒素診断基準値の上限値2.5%，下限値2.0%，「ハックナイン」用葉色板による葉色値6.5前後と設定した。

一方，リンゴの施肥標準は「つがる」を対象に若木期では窒素70kgNha^{-1}，成木期では同120kgNha^{-1}（わい性台木）とされ，「ハックナイン」に対しては約20%減肥で対応するとされているが[3]，具体的には検討されていない。前報でも「ハックナイン」の適正な窒素施肥量は今後の問題として残した。

そこで，本試験は「ハックナイン」が何故「つがる」より樹勢が強いのかについて，養分吸収域を決定する根の分布，施肥以外の窒素給源等を調査し，樹冠下草生管理と施肥対応を「つがる」と対比しながら検討した。

2008年８月６日受理

*1　北海道立中央農業試験場（現北海道立根釧農業試験場，086-1135　標津郡中標津町）
E-mail: mikinm@agri.pref.hokkaido.jp
*2　同上（069-1395　夕張郡長沼町）
*3　同上（現 北海道立道南農業試験場，041-1201　北斗市）

試験方法

１）葉中窒素濃度の変動要因解析

中央農業試験場果樹園において，前報と同じ「ハックナイン」/M26（1983年接木，翌'84年採植，列間４m×樹間３m，830樹ha^{-1}）と「つがる」/M26（1983年接木，翌1984年栽植，列間４m×樹間２m，1250本ha^{-1}）を用い，年間窒素施肥量1989年～1992年まで40，70，100kgha^{-1}，1993～1999年まで０，70，140kgha^{-1}の３処理で１区５樹，４反復で実施した。土壌はばん土質褐色森林土である。また，葉中窒素濃度の変動要因を検討するため，旭川，深川，滝川，砂川，余市，仁木の現地農家圃場11ヶ所（各地ともにおおよそ1987，1988年接ぎ木，1988，1989年定植，土壌は礫質，中粗粒褐色森林土，灰色台地土及び褐色低地土）において施肥窒素０kgha^{-1}，１区５樹（反復なし）を対象に実施した。草生管理は部分草生で樹冠下は清耕とした。

２）樹冠下植生の改善効果の検討

前試験の農試果樹園調査樹４反復のうち，２反復の樹冠下の清耕部分をサイドロータリーで耕起後ペレニアルライグラス「フレンド」を追播した。同様な追播試験は滝川市の現地農家果樹園の「ハックナイン」にも施した

（土壌は灰色台地土，１区５樹，反復なし）。試験年次は農試果樹園で1998～1999年の２ヵ年，現地果樹園で1999年の１ヵ年である。また，全面草生の「ハックナイン」に対し，除草剤で草生を枯殺する処理を壮瞥町現地果樹園（中粗粒褐色火山性土）で実施した。窒素施肥量は０，70kgha^{-1}の２処理で，試験年次は1998～1999年の２ヵ年である。なお，「ハックナイン」の栽植密度は　１）と同じで，試験部分は１区５樹の反復なしである。

３）試料採取と調整法

(1) 葉診断は１樹当たり10枚（おおよそ目通りの高さにおける新梢の中間部位）を採取，直ちに葉色を測定(「ハックナイン」用葉色板を使用)，水洗後常法により乾燥重，窒素濃度を測定した。

(2) 果実は「ハックナイン」で10月下旬，「つがる」で９月下旬に収穫し，地色指数は「ふじ」用地色カラーチャートを用い，着色は着色面積割合とした。調査果数は，１区当たり地色指数と着色は100果，果実重は全果，Brix，酸度，蜜入り，ヨード反応は10果を調査した。

(3) 通路草生部分へ伸長する根数を塹壕法により測定した。樹齢15年生の２樹を対象に樹列中央より１mの距離で樹列と平行して深さ40～50cmの溝穴を掘り10cm方画のコドラート内に存在する根数を数えた。なお，測定は樹列北側と南側の２カ所で行った。また，樹勢の判定は新梢の発生数，伸長量で達観した。

(4) 現地りんご園の通路草生部分のマメ科草混生程度は８月上旬の冠部被度で測定した。また，農試果樹園における通路草生部分の牧草の窒素保有量は５月中旬，６月中旬，７月中旬，８月下旬および10月上旬に固定した場所で一定面積を刈り取り，測定した。また，樹冠下土壌の窒素肥沃度として，深さ０～20cm層土壌の30℃，30日間の生土培養法で生成される無機態窒素含量（培養前の無機態窒素も含む）を測定した。

結　果

１）葉中窒素濃度の変動要因解析

８月上旬の葉中窒素濃度および収穫期果実の地色指数の経年変化を図１に示した。「ハックナイン」は前報で設定した葉中窒素濃度の上限値2.2%を大幅に超える年次が多く出現し，これに伴い収穫期果実の地色指数も良質果の判定基準である3.5を大幅に下回った。この傾向は窒素施肥量が多い年次でより顕著であり，1993年から無窒素とした区においても地色指数の判定基準をクリアするには至らなかった。これに対し，「つがる」の８月上旬の葉中窒素濃度は年次間の変動が小さく，前報で設定した適正域の範囲にほぼ収まり，かつ，収穫期地色指数も1995年を除いて「ハックナイン」より安定していた。窒素施肥の処理区間差を拡大した1994年の施肥反応は，「ハックナイン」で「つがる」より大きく，窒素施肥区において葉中窒素濃度が高まるとともに地色指数の低下が顕著であった。

「ハックナイン」における樹冠下土壌の培養無機態窒素含量と８月上旬の葉中窒素濃度を1997年の例で図２に示した。葉中窒素濃度は春季の樹冠下０～20cm土壌の培養無機態窒素濃度と比較的良好な対応関係が認められると同時に，通路草生部分におけるマメ科草の冠部被度が高い果樹園で葉中窒素濃度が高い傾向を示した。

樹冠下より通路草生部分に伸長する根数を表１に示した。「ハックナイン」の太さ１～２mm程度の細根数は根数の多い北側で，「つがる」の1.6倍程度と明らかに多かった。同様に太さ２～３mm程度以上の根数も北側で「つがる」の2.3倍，太さ５mm以上では「つがる」の５倍も存在していた。栽植密度を考慮した「ハックナイン」樹一本当たりの根密度は「つがる」のそれに比べ，細根で1.9倍，太根で2.1倍であった。また「ハックナイン」

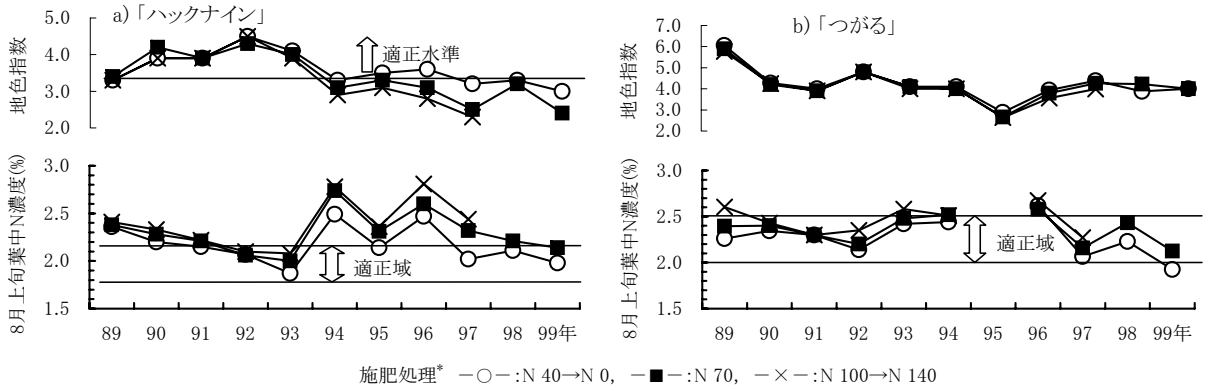

図１　「ハックナイン」の８月上旬の葉中窒素濃度と収穫期地色指数の経年変化
（図中の葉中窒素濃度適正域および地色指数適正水準はそれぞれ前報[9]および「ハックナイン」出荷基準[2]による。
*施肥処理は，1993年以降N40はN０に，N100はN140に変えた。N70は継続）

の中でも樹勢が強い樹と弱い樹を比較すると，弱い樹は強い樹より明らかに根密度が小さく，新鞘の窒素含有率と同じ傾向を示し，また「つがる」でも新梢の窒素濃度の高い樹で根密度は大きかった。

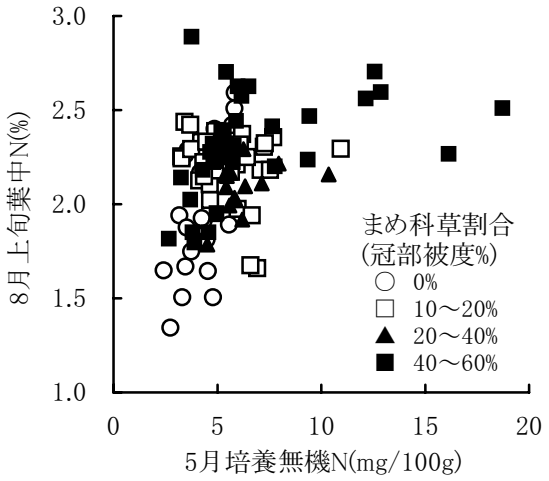

図２　「ハックナイン」における樹冠下土壌の培養無機態窒素含量と８月上旬の葉中窒素濃度(1997年)

表２には通路草生部分におけるマメ科草が保有する窒素量の測定結果を示した。列間中央部の通路草生部分で牧草が保有する窒素量は100～140kgha^{-1}程度であり，マメ科草の土壌無機化窒素利用率をイネ科草の30%程度[1)]と仮定したマメ科草による窒素固定量は40kgha^{-1}程度と概算された。

２）樹冠下植生の改善効果の検討

「ハックナイン」の樹冠下へのペレニアルライグラス追播が葉中窒素濃度，収穫期の果実品質に及ぼす影響を表３に示した。ペレニアルライグラスの追播により，葉中窒素濃度が低下し，現地滝川試験園では果実の地色，着色とも明らかに改善され，農試においても着色が改善される傾向を示した。また，農試では青実率が概ね減少する傾向を示した。

同様の追播処理を「つがる」に施した結果を表４に示した。追播処理により葉中窒素濃度が診断基準値の下限付近まで大きく低下し，無窒素処理では樹冠下清耕条件より果実糖度の低下も見られた。

表１　樹冠下より通路草生部分に伸長する根数

		細根数(本/３m)		太根数(本/３m)		根密度(本/10cm^2)		備考	新鞘N
		南側	北側	南側	北側	細根	太根	樹勢	(%)
「ハックナイン」	1	230	594	12 (2)	26 (8)	13.7	0.63	強	0.71
	2	143	400	4 (2)	16 (7)	9.1	0.33	中	0.68
	平均	187	497	8 (2)	21 (7.5)	11.4	0.48		
「つがる」	1	156	232	6 (1)	6 (3)	5.6	0.19	中	0.65
	2	212	377	6 (3)	11 (0)	6.3	0.26	中	0.79
	平均	184	305	6 (2)	9 (1.5)	6.0	0.23		

注）細根は太さ１～２mm以下。太根は太さ２～３mm以上で，そのうち( ) は５mm程度以上の太根数。

表２　通路草生部分の牧草の窒素保有量(無窒素条件，kgha^{-1})

	98年			99年		
	イネ科草	マメ科草	合計	イネ科草	マメ科草	合計
「ハックナイン」区	64	70	134	91	27	118
「つがる」区	57	83	140	47	54	101

注）窒素保有量は年５回刈りの合計値を示し，イネ科草の値にはヘラオオバコ等雑草も含めた。

表３　「ハックナイン」の樹冠下へのペレニアルライグラス追播が葉中窒素濃度，収穫期の果実品質に及ぼす影響

	草生管理	施肥N (kgha^{-1})	葉中N濃度(%)		果実重 (g)	果実品質		青実率 (%)
			８月上旬	収穫期		地色	着色	
農試 (1998年)	慣行	0	2.11	2.05	344	3.3	6.1	28
		70	2.21	2.21	354	3.2	6.1	45
	ＰＲ追播	0	2.03	1.71	351	3.3	6.0	27
		70	2.13	1.81	371	3.0	6.7	29
農試 (1999年)	慣行	0	1.98	2.06	336	3.0	6.6	18
		70	2.14	1.98	339	2.4	6.0	33
	ＰＲ追播	0	1.94	1.92	328	2.9	6.7	23
		70	1.97	1.94	321	2.5	6.6	31
現地 (1999年)	慣行	0	2.21	－	－	3.4	6.1	－
	PR追播	0	2.09	－	－	4.0	6.4	－

PR：ペレニアルライグラスの略

表４　「つがる」の樹冠下ペレニアルライグラス追播が葉中窒素濃度，収穫期の果実品質に及ぼす影響（農試，1998～1999年平均）

	施肥N ($kgha^{-1}$)	８月上旬葉中N(%)	果実重 (g)	果実品質		
				地色	着色	糖度
樹冠下清耕	0	2.08	265	4.0	7.6	13.6
	70	2.28	273	4.1	7.1	13.3
樹冠下草生*	0	1.95	260	3.9	7.5	13.0
	70	2.00	271	4.0	7.7	13.3

*ペレニアルライグラス追播

表５　「ハックナイン」園の下草植生の枯殺処理が葉中窒素濃度と果実品質に及ぼす影響（壮瞥）

	除草剤有無	施肥N ($kgha^{-1}$)	葉中N濃度(%) ８月上旬	葉中N濃度(%) 収穫期	果実重 (g)	果実品質 地色	果実品質 着色	果実品質 糖度
1998年	なし	0	1.66	1.89	351	3.6	6.6	13.0
		70	2.05	2.20	357	3.2	5.9	13.1
	あり	0	2.22	1.93	355	3.7	6.2	12.2
		70	2.15	2.43	337	2.9	5.2	12.0
1999年	なし	0	1.92	－	350	3.3	7.0	13.0
		70	1.88	－	353	3.7	6.9	13.1
	あり	0	2.07	－	342	3.1	6.5	12.2
		70	2.14	－	337	3.2	6.7	12.8

「ハックナイン」の樹冠下草生を除草剤で除去した場合の葉中窒素濃度や果実品質に及ぼす影響を表５に示した。樹冠下草生を除去することで，葉中窒素濃度は確実に高まり，果実重の低下をもたらすと同時に，地色・着色程度と糖度を明らかに低下させた。

なお，本処理を行った壮瞥試験地の草生草種はシバムギ，レッドトップ，ケンタッキーブルーグラスが主体で，マメ科草は混生していなかった。

考　察

前報[8]は，「ハックナイン」の果実品質を高めるための窒素栄養診断基準値を設定した。本報では，どのようにしてその診断基準値内に樹の窒素栄養をコントロールするかについて検討した。図１に示したように，農試試験園では無窒素条件にしても８月上旬の葉中窒素濃度を適正域に維持することは困難な年次があり，また現地試験園においても半数程度の樹が上限値である2.2%を上回っていた（図２）。

リンゴ園の通路草生部分には窒素施肥が行われないため，マメ科牧草が優占しやすい条件にあり，リンゴ樹に対する施肥以外の窒素供給源としてマメ科牧草の影響が重要と考えられる。通路草生部分にマメ科牧草が混生しないリンゴ園での葉中窒素濃度は概ね２%を下回るのに対し，マメ科牧草が混生するリンゴ園では２%を下回る樹は僅かしか存在しなかった。

次に通路草生部分の窒素利用に関わる要素として根の伸長程度が考えられる。樹勢の強い「ハックナイン」の樹１本当たりの根密度は太さ１～２mm以下の細根密度で「つがる」のそれの1.9倍，太さ２～３mm以上の太根密度で「つがる」の２倍程度も多く存在しており（表１），通路草生部分のマメ科牧草に由来する窒素をより多く利用していると推定される。なお，通路草生部分で循環する窒素量は年間100～140$kgha^{-1}$であり，混生マメ科牧草による窒素固定量は40$kgha^{-1}$と推定され，毎年この程度の窒素量が富加されると考える（表２）。

これらのことから，樹勢が強い「ハックナイン」で化学肥料窒素が無施用の条件であっても葉中窒素濃度が適正域の上限を超える原因は，通路草生部分まで養分吸収根域を拡大させ，マメ科牧草の固定窒素も含めた通路草生部分で循環する土壌窒素を有効に利用できるためと推定した。そこでこの循環する窒素をイネ科牧草と「ハックナイン」間で競合させる効果を検討した。その結果は表３に示したが，樹冠下に吸肥力の強いペレニアルライグラスを追播することで，葉中窒素濃度は明らかに低下し果実品質も改善できた。同様な処理を「つがる」に施すと，葉中窒素濃度が診断基準値の下限付近まで大きく低下することから，「つがる」の樹冠下清耕栽培の妥当性[5]を再確認できた。さらに，「ハックナイン」の樹冠下草生を除草剤で枯殺除去した結果，「ハックナイン」の葉中窒素濃度は明らかに高まり，果実品質は明らかに低下（表５），樹冠下草生栽培の重要性を確認できた。

以上の結果をまとめ「ハックナイン」の樹冠下植生管理と施肥対応を表６に示した。なお，前報で示した窒素栄養診断基準値[8]も付記した。 すなわち，成木期における「ハックナイン」は基本的に無窒素条件とし，診断基準値の下限値を下回った園地では窒素40$kgha^{-1}$程度の施肥を行う。この窒素施肥量は剪定によって園外に持ち出される枝および果実に含まれる窒素量におおむね相当する[10]。

表６　「ハックナイン」と「つがる」の成木期における植生管理と窒素施肥対応（総括）

対象品種	窒素栄養診断基準値[1)]		葉色診断基準値[1)]		適正窒素施肥量	樹冠下
	下限値	上限値	下限値	上限値	($kgha^{-1}$)	草生管理
「ハックナイン」	1.8%	2.2%	5	6	0～40*	草生***
「つがる」	2.0%	2.5%	6.5前後		40～70**	清耕

１）窒素栄養診断基準値，葉色診断基準値は前報[8)]による。なお，「つがる」の葉色判定は「ハックナイン」用葉色板[7)]を用いる。
*窒素栄養診断基準値内園地で無窒素，下限値をを下回った園地で40$kgha^{-1}$とする。
**地力窒素の高い園地では40$kgha^{-1}$，低い園地では70$kgha^{-1}$とする。
***無窒素栽培によっても基準値以上の園地では樹冠下を「ペレニアルライグラス」を追播し，草生状態とする。

さらに，無窒素条件でも窒素栄養診断基準値を上回る園地では樹冠下に吸肥力の強いペレニアルライグラスを追播する。また，成木期の「つがる」に対する適正窒素施肥量は図１から70$kgha^{-1}$程度と判断でき，栄養診断基準値を上回るような窒素地力の高い園地では40$kgha^{-1}$程度の窒素施肥量とし，窒素地力の高低にかかわらず樹冠下は清耕の部分草生栽培とする。なお，「ハックナイン」園地全体を無窒素条件にすると通路草生部分にマメ科牧草が侵入し，利用されやすい窒素が富加されるので，若木期から全面草生栽培とし，窒素施肥も通路部分も含めた全面施肥が望ましいと言える。

「ハックナイン」における具体的な窒素施肥管理や植生管理は検討されておらず，窒素施肥量では「つがる」におけるそれの20%減肥とか，樹冠下清耕の部分草生栽培が慣例的に採用されてきた。この慣例的栽培法が「ハックナイン」の樹勢の強さをさらに助長したことは否めない。本報の主旨は，「ハックナイン」は樹勢が強くなりやすいので，若木期からイネ科牧草の全面草生栽培とし，リンゴ園全体に化学肥料窒素を施肥しながら，葉診断により樹の窒素栄養をコントロールしようとするものである。樹勢が強く，大きくなりすぎた樹をコントロールすることは容易ではないと言える。

謝　辞　本稿のご校閲をいただいた中央農業試験場環境保全部志賀弘行部長に感謝申し上げる。また，多くの現地試験に快く協力していただいた生産者各位にお礼申し上げます。

引用文献

１）赤塚　恵，杉原進．“混播草地に対する窒素施肥について　混播草による施肥窒素の吸収”．日本草地学会誌．19(2)，215-221（1973）
２）北海道．“北海道果樹農業振興計画書”．1990．p2.
３）北海道農政部．“北海道施肥標準”．1995．p42.
４）北海道農政部畑作園芸課．“果樹関係資料”．1995．p28.
５）北海道立中央農業試験場．“リンゴわい化栽培における合理的草生栽培法”．昭和63年度北海道農業試験会議（成績会議）資料．1989．14p.
６）稲川　裕，渡辺久昭，村松裕司．“リンゴ「ハックナイン」における生産安定のための樹形改造”．北海道立農業試験場集報．73，17-21（1997）
７）稲川　裕，三木直倫，村松裕司．“リンゴ「ハックナイン」の窒素栄養診断のための葉色板の作成”．北海道立農業試験場集報．75，7-10（1998）
８）稲川　裕，三木直倫，村松裕司，山口作英．“リンゴ「ハックナイン」，「つがる」における葉色・葉中窒素濃度を用いた栄養診断”．北海道立農業試験場集報．92，61-68（2008）
９）伊藤明治，武藤和夫，能瀬拓夫，桜井一男．“土壌の違いがリンゴわい性樹の生育，収量及び養分吸収に及ぼす影響”．岩手県園芸試験場研究報告．5，24-45（1984）
10）加藤公道，寿松木章，福元将志，駒村研三，佐藤雄夫，鈴木継明，小松喜代松，松本登．“リンゴ園における窒素施肥に関する研究　第１報　窒素施用量”．福島県果樹試験場研究報告．17，33-67（1999）
11）村松裕司，小賀野隆一，渡辺久昭．“リンゴ「ハックナイン」，「つがる」の適正着果量”．北農．60，64-68（1993）．
12）佐藤雄夫，佐々木生雄．“リンゴ園の窒素施肥に関する研究　第２報　リンゴ樹の窒素吸収に対する草生および敷草の影響”．福島県果樹試験場研究報告．10，22-23（1982）
13）寿松木章，佐藤雄夫．“リンゴ園の窒素施肥に関する研究　第３報　リンゴ樹による施肥窒素の吸収移行と脱落部位窒素の再利用”．福島県果樹試験場研究報告．14，1-8（1985）
14）渡辺久昭，田中静幸，細貝節夫，峰岸恒也，松井文雄，村松裕司，柿崎昌志．“リンゴ新品種「ハックナイン」の育成について”．北海道立農業試験場集報．60，87-98（1990）

Improvement of Ground Cover Management in Apple Orchards and Nitrogen Application for Apple Cultivar “Hacnine”

Naomichi MIKI, Yutaka INAGAWA, Hiroshi MURAMATSU, and Sakuei YAMAGUCHI

Hokkaido Central Agri. Exp. Stat., Naganuma, Hokkaido, 069-1395 (Present; Hokkaido Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu Hokkaido, 086-1135 Japan).
E-mail: mikinm@agri.pref.hokkaido.jp