［短　報］

てんさい直播無間引栽培における初期生育の安定化技術

吉村　康弘[*1]　白旗　雅樹[*2]　手塚　光明[*2]　阿部　晴記[*3]

種子被覆資材内に殺菌剤，殺虫剤を混入した直播用被覆種子により，稚苗期における病虫害の防除と苗立率の向上が図られた。また，凸型鎮圧輪と作条混和施肥法を利用した総合施肥播種機により，苗立率と初期生育の向上が図られた。これらの技術組立により，無間引栽培で苗立率85%以上，収穫本数7,000（畦幅66cm）～8,000（畦幅60cm）本/10a程度の安定確保と収量の向上が図られた。

Ⅰ．緒　言

現在のてんさい栽培は，紙筒移植栽培が約98%を占めている。農家の経営規模拡大が進む中，1戸当たりのてんさい作付面積が急速に増加し，移植作業が長期化している。このため，労力不足や他作物との作業競合により，婦人や高齢者の労働負担が増加している。さらに，農産物価格の低下や高収益作物の導入等により，てんさい栽培の省力，低コスト技術に対する要望が高まっており，直播栽培は，1995年度からやや増加してきている。

直播栽培は、生育期間が短いことから、移植栽培に比べ収量が約15%少なく，また，発芽，初期生育が不安定で，収量の変動も大きい。試験研究も昭和50(1975), 55(1980)年の無間引栽培法の指導参考事項[1)2)3)]以降，栽培法に関する試験はなく，1984年の被覆種子を利用した施肥播種機の性能試験4)はあったものの，被覆種子と機械技術の改良に対応した無間引栽培法は検討されておらず，更なる発芽と初期生育の向上と安定化による無間引栽培法の確立が求められてきた。

そこで，てんさい直播用被覆種子と総合施肥播種機の改良開発により，直播での発芽および初期生育の向上・安定化を図り，直播無間引によるてんさいの省力低コスト栽培技術の確立を目的に試験を実施した。

Ⅱ．方　法

1．直播用被覆種子の開発

被覆種子への殺菌剤，殺虫剤の混入により，稚苗期の病虫害防除と苗立率の向上，初期生育の安定化について検討した。混入した殺菌，殺虫剤とその略号は，H：ヒドロキシイソキサゾール(70%)粉衣剤「タチガレン」（殺菌剤），T：トルクロホスメチル（50%）水和剤「リゾレックス」（殺菌剤），I：イミダクロプリド(70%)水和剤「アドマイヤー」（殺虫剤）である。被覆種子の作成，コーティング資材内への薬剤の混入については，ホクレン農業協同組合連合会にて行った。

2．総合施肥播種機の改良

鎮圧輪の形状と施肥機構の改良による苗立率，初期生育の向上を図った。鎮圧輪形状は平滑鎮圧輪（慣行タイプ）に対し，凸型鎮圧輪（帯状の鎮圧部を有するタイプ）を検討した。施肥機構の改良は，作条混和施肥法として①PTO軸駆動タイプ②油圧モータ駆動タイプについて検討した。

3．技術組立

直播用被覆種子と総合施肥播種機の両技術の組合せによる初期生育の向上・安定化について，十勝農試圃場（淡色黒ボク土）と清水町（多湿黒ボク土）で検討した。

Ⅲ．結　果

1．直播用被覆種子の開発

ヒドロキシイソキサゾール(70%)粉衣剤が種子被覆資材内に重量比で0.3%混入されている（指導参考事項3）に基づく）被覆種子「H0.3」に，トルクロホスメチル(50%)水和剤を被覆資材内に重量比で0.3%混入した「H0.3＋T0.3」は，苗立枯病罹病株率が低く，苗立率を安定的に高く確保でき，収穫本数と収量の安定確保ができ，特に収穫本数が「H0.3」で少ない年では，収穫本数と収量が増加した。苗立枯病の菌

*1　北海道立十勝農業試験場（現,北海道立中央農業試験場，069-13 夕張郡長沼町）
*2　同上，082 河西郡芽室町
*3　北海道立十勝農業試験場（現,北海道立北見農業試験場，099-14）

表1　種子被覆資材内の殺菌剤混入処理が苗立率，苗立枯病罹病株率に及ぼす影響（十勝農試，1993～96年）

処理区別	苗立率・5月下旬～6月上旬（本葉2葉期頃，%）					苗立枯病罹病株率（%）		
	1993	1994	1995	1996	4年平均	1995	1996	2年平均
H0.3（慣行）	84.4	91.4	85.2	81.4	85.6	10.9	9.4	10.2
H0.3＋T0.3	91.9	90.3	91.9	85.9	90.0	7.1	5.9	6.5

注）薬剤の略号の後の数字は，薬剤の混入率（種子被覆資材重量比，%）をしめす。

表2　種子被覆資材内の殺菌剤混入処理が収穫本数，糖量に及ぼす影響（十勝農試，1993～96年）

処理区別	収穫本数（本/10a）					糖量（kg/10a）				
	1993	1994	1995	1996	平均	1993	1994	1995	1996	平均
H0.3（慣行）	9,637	8,073	7,917	6,806	8,108	916	822	1,073	773	896
H0.3＋T0.3	10,364	8,177	8,195	7,593	8,582	915	846	1,065	802	907

注）根の直径が5cm以下の個体は無効根として収穫調査から除外した。

表3　種子被覆資材内の殺虫剤混入処理が苗立率，テンサイトビハムシおよびテンサイモグリハナバエ被害株率に及ぼす影響（十勝農試，1994～96年）

処理区別	苗立率（3年平均，%）		トビハムシ被害株率・程度別合計（%）				モグリハナバエ被害株率（6下，%）
	発芽揃後	2葉期	'94.5.20	'95.5.23	'96.6.5	3年平均	
H0.3（慣行）	81.4	80.9	22.6	6.5	18.2	15.8	12.6
H0.3+T0.3	85.5	85.1	23.2	11.6	9.0	14.6	10.6
H0.3+T0.3+I1.5	86.1	87.7	6.9	2.0	1.5	3.5	4.7
H0.3+T0.3+I1.9	85.7	88.2	12.5	1.0	1.0	4.8	2.9

注）薬剤の略号の後の数字は，薬剤の混入率（種子被覆資材重量比，%）をしめす。

表4　種子被覆資材内の殺虫剤混入処理が収穫本数，糖量に及ぼす影響（十勝農試，1994～96年）

処理区別	収穫本数（本/10a）				根重（t/10a）			
	1994	1995	1996	3年平均	1994	1995	1996	3年平均
H0.3（慣行）	7,385	7,380	6,806	7,190	5.02	5.73	4.38	5.04
H0.3+T0.3	7,481	7,640	7,593	7,571	5.17	5.69	4.54	5.13
H0.3+T0.3+I1.5	7,958	8,658	7,686	8,101	5.24	5.89	4.69	5.27
H0.3+T0.3+I1.9	7,938	8,658	7,732	8,109	5.04	5.90	4.69	5.21

処理区別	根中糖分（%）				糖量（kg/10a）			
	1994	1995	1996	3年平均	1994	1995	1996	3年平均
H0.3（慣行）	16.66	18.33	17.66	17.55	837	1,052	773	887
H0.3+T0.3	16.69	18.35	17.67	17.57	861	1,044	802	902
H0.3+T0.3+I1.5	16.65	18.47	17.64	17.59	871	1,090	827	929
H0.3+T0.3+I1.9	16.90	18.48	17.58	17.65	853	1,086	825	921

注）根の直径が5cm以下の個体は無効根として収穫調査から除外した。

種が複数であり，気象条件などによって発生の優先する菌種が変わることから，複数の殺菌剤処理によって安定的に苗立枯病防除効果が発揮できることが，収穫本数と収量のの確保につながったと思われた。被覆種子「H0.3」にトルクロホスメチル水和剤およびイミダクロプリド「I」(70%)水和剤を被覆資材内に混入した「H0.3＋T0.3＋I1.5」，「H0.3＋T0.3＋I1.9」は，「H0.3」よりも安定的に高い苗立率を確保できた(表3)。「I」剤を混入した種子では，発芽から苗立率調査時までに土中の虫類によると思われる胚軸及び根の食痕が少なかったことから，従来考えられていた以上に虫害防除が苗立率向上に寄与できると考えられた。テンサイトビハムシおよびテンサイモグリハナバエの被害は，「I」剤処理で大きく減少し，高い虫害防除効果が確認され，播種2か月後まで圃場での虫害防除作業は必要なかった。テンサイモグリハ

写真1　凸型鎮圧輪

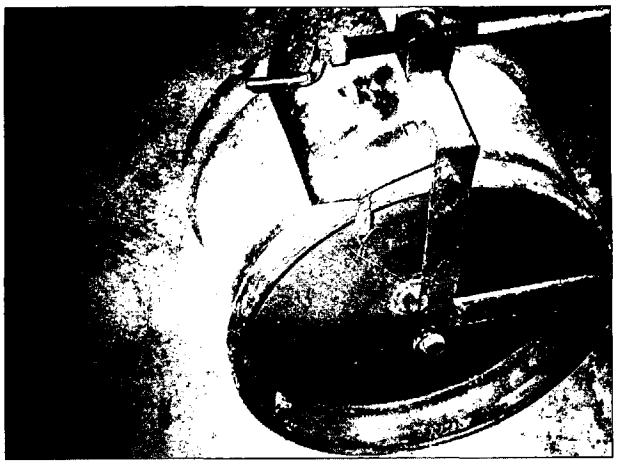

写真2　平滑鎮圧輪

表5　供試鎮圧輪の諸元

鎮圧輪	直径 (mm)	幅 (mm)	凸部形状 (mm) 幅	凸部形状 (mm) 高さ
平滑	350	225	—	—
凸型	360	235	50	30

表7　土壌水分の推移［1996年］（単位　%db）

月日	平滑鎮圧輪 0～1.7cm	平滑鎮圧輪 1.8～3.4cm	凸型鎮圧輪 0～1.7cm	凸型鎮圧輪 1.8～3.4cm
4月24日	39.4	42.4	40.2	43.5
4月26日	43.3	45.4	46.2	48.5
4月28日	42.8	45.7	47.1	48.4
4月30日	43.0	46.1	44.7	47.7
5月　2日	44.0	46.1	46.1	47.0

表6　鎮圧輪の形状と苗立率（%）

年次	発芽期前 凸型	発芽期前 平滑	発芽揃後 凸型	発芽揃後 平滑
1992	—	—	93.2	86.4
	(0.50)	(0.10)	(0.50)	(0.10)
1994	36.9	9.9	90.4	81.7
	(0.35)	(0.10)	(0.35)	(0.10)
1995	22.1	8.0	84.8	79.5
	(0.35)	(0.10)	(0.35)	(0.10)
1996	27.9	3.6	89.5	83.6
	(0.35)	(0.10)	(0.35)	(0.10)
平均	29.0	7.2	89.5	82.8

注）（　）内は設定鎮圧力（kgf/cm²）

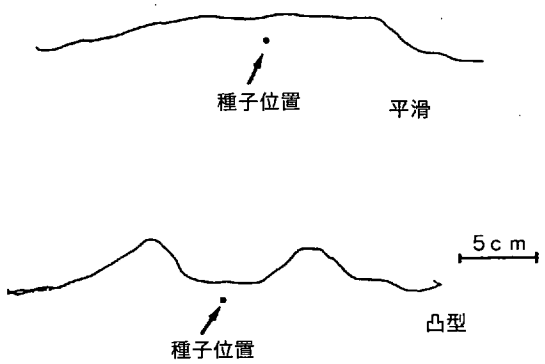

図1　鎮圧後の畦形状

ナバエでの防除効果は「I1.9」が「I1.5」より高かったが，播種2か月までの防除効果としては「I1.5」で十分であった。薬害のような症状は認められず，その後の生育にも支障はなかった。収穫調査では，「I」剤混入で収穫本数が目標の8,000本/10aを確保でき，3か年平均で慣行被覆種子よりも約1,000本／10a多く，根重，糖量は3か年平均では慣行被覆種子より4～5%増収した（表4）。以上のことから，「H0.3＋T0.3＋I1.5」の被覆種子処理は，省力で安定した直播無間引栽培に大きく貢献できると判断された。

2. 鎮圧輪形状の改良

黒ボク土において設定鎮圧力0.35～0.50kgf/c m²の条件で凸型鎮圧輪（写真1，表5）を用いると，平滑鎮圧輪（写真2）に比べ，発芽が早まり，苗立率が向上し，85%以上の苗立率を確保できた（表6）。これは，凸型鎮圧輪により畦の中央に凹型を形成することで（図1），適度な鎮圧力を地面に与えたこと，土壌水分が高く維持されたこと（表7），地表面温度の低下を小さくした[6]こと（図2），などによるものであった。

3. 施肥機構の改良

PTO軸駆動タイプと油圧モータ駆動タイプ[5]の2つの作条混和施肥機構について，肥料の混和性能を検討した。両機種とも，肥料が幅15～20cm程度，深さ15cm程度の断面にEC値1.0以下で分散し，実用に供しうる機構であると判断された（図3）。これら作条混和施肥機構を使用し，直播無間引栽培を行った結果，作条混和施肥法は慣行の側条施肥法に比べ，初期生育が大きく向上し，収穫時の根重，糖量が増加した（表8，9）。

4. 技術組立

直播無間引栽培用に開発改良した被覆種子（H0.3＋T0.3＋I1.5，以下「開発P」）と総合施肥播種機（作条混和施肥・凸型鎮圧輪）の使用により，十勝農試圃場，清水町の現地試験圃場とも安定して高い苗立率を確保でき，初期の病虫害が減少し、初期生育が大きく向上した。十勝農試では，組立技術で目標の収穫本数を確保し，収量、糖量が慣行無間引栽培法（「H0.3」種子・側条施肥・平型鎮圧輪）に比べ大きく増加した（表10）。清水町では，3技術の組み合わせにより、無間引でも安定して目標の収穫本数を確保でき，農家慣行栽培法（間引き／欠株補植）並かそれ以上の収量、糖量を確保できた（表10）。

以上，十勝農試および清水町の結果から，開発Pと凸型鎮圧輪，作条施肥法の組み合わせにより，高い苗立率と収穫本数を安定して確保し，テンサイトビ

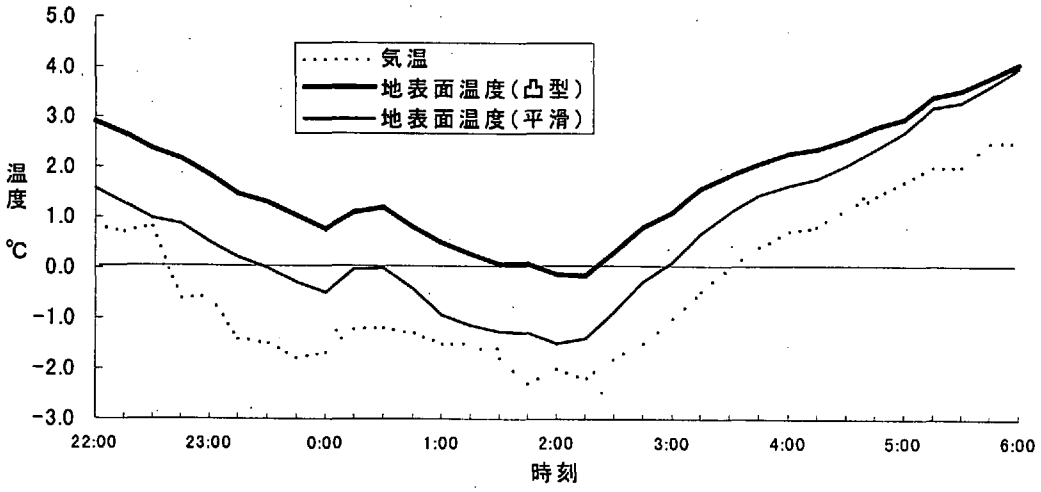

図2　気温低下時の地表面温度［5月1日～5月2日］（1996年，十勝農試）

表8　作条混和処理の初期生育
（5月下旬，1994～96平均）

処理区分	茎葉乾物重	根乾物重
作条混和施肥	982.3	126.0（mg/m²）
側条施肥（慣行）	631.7	108.3

表9　作条混和施肥処理が収量・糖分に及ぼす影響

処理	年次	無効根数（本/10a）	収穫本数（本/10a）	根重（t/10a）	根中糖分（%）	糖量（kg/10a）	対「側条施肥」比（%） 根重	根中糖分	糖量
作条混和施肥	1994	57	7,569	5.43	16.49	896	111	98	109
	1995	139	7,130	5.75	18.25	1,048	103	99	102
	1996	370	7,825	4.62	16.98	784	106	97	102
	平均	189	7,508	5.27	17.24	909	107	98	104
側条施肥	1994	374	6,181	4.88	16.80	820	100	100	100
	1995	232	8,195	5.59	18.40	1,028	100	100	100
	1996	556	6,945	4.37	17.57	767	100	100	100
	平均	387	7,107	4.95	17.57	872	100	100	100

注）直径が5cm以下の根は無効根とし，収穫調査から除外した。

表10　無間引栽培の技術組立試験－収穫時調査（1995～96年）

処理区別	十勝農試 収穫本数（本/10a）	十勝農試 根重（t/10a）	十勝農試 根中糖分（%）	十勝農試 糖量（kg/10a）	清水町 収穫本数（本/10a）	清水町 根重（t/10a）	清水町 根中糖分（%）	清水町 糖量（kg/10a）
側条・平滑・慣行P	7,570	4.98	17.99	898(100)				
側条・平滑・開発P	8,015	5.09	18.15	926(103)				
農家慣行（補植/間引）					6,334	4.05	16.13	654(100)
作混・凸型・慣行P	7,647	5.37	17.50	941(105)	6,936	4.07	16.29	663(101)
作混・凸型・開発P	7,902	5.46	17.55	960(107)	7,209	4.11	16.09	661(101)

注1）根の直径が5cm以下の個体は無効根として収穫調査から除外した。
注2）農家慣行については，施肥播種機のほかに以下の耕種法が作条・凸型区と異なる。
1995年：施肥時に有機質肥料を混入，5月下旬に補植を実施。
1996年：播種期5月2日（1日早い），播種間隔6cmで，間引きを6月上旬に実施。施肥量が1.2倍増。

畦中心
↓

0.39	0.57	0.50	0.31	0.34
0.28	0.36	0.41	0.26	0.16
0.23	0.30	0.27	0.29	0.18
0.22	0.24	0.23	0.24	0.20
0.17	0.21	0.20	0.18	0.15

↑地表面　20cm　↓

作条混和施肥
PTO軸駆動タイプ
作業速度0.7m/s
混和部回転数233rpm

畦中心
↓

0.30	0.37	0.67	0.50	0.41
0.24	0.32	0.63	0.56	0.38
0.31	0.35	0.63	0.50	0.28
0.27	0.50	0.71	0.48	0.24
0.28	0.61	0.99	0.47	0.24

↑地表面　20cm　↓

作条混和施肥
油圧モータ駆動タイプ
作業速度0.7m/s
混和部回転数123rpm

畦中心
↓

0.08	0.08	0.06	0.06	0.07
0.12	1.20	0.11	0.08	0.08
0.32	2.03	0.29	2.27	0.16
0.16	1.70	0.07	1.12	0.11
0.24	0.77	0.64	0.14	0.07

↑地表面　20cm　↓

側条施肥
EC1.0以上の区域があり，濃度障害の発生するおそれがある。

図3　作条混和施肥機構による施肥後のEC値の分布（単位ms/cm）
注）土壌断面図，1ブロック4×4cmで幅20cm，深さ20cm調査

ハムシの圃場での防除を省略した直播無間引栽培が実現できた。

Ⅳ．考　察

1．被覆種子について

てんさい直播栽培で重要な技術的課題は，発芽および初期生育の確保である。発芽，苗立率を安定化させる上で，苗立枯病の防除は重要である。苗立枯病には複数の病原菌が関与しており，これらの発生状況（種類，量）は気象，土壌，てんさいの生育時期により大きく変化するので，対応できる被覆資材への殺菌剤混入処理法が苗立率，初期生育の安定化に必要となる。本試験では，昭和55(1980)年に指導参考となったヒドロキシイソキサゾール（70%）粉衣剤の被覆種子処理（「H0.3」）に加え，トルクロホスメチル(50%)水和剤を被覆資材重量比で0.3%混入することで，苗立枯病防除効果が高くなり，各年次を通じて高い苗立率を得た。今後より防除効果の高い

薬剤やその混入方法を，新規薬剤の開発や地域，土壌別の処理法も含めて検討が必要と思われる。虫害対策はテンサイトビハムシの圃場での防除省略を目標に試験を開始した。イミダクロプリド剤の被覆資材内への混入により，虫害防除効果が2か月間持続し，テンサイトビハムシやテンサイモグリハナバエの防除ができた。これで，圃場での防除作業が省略でき，直播での省力化を更に進めることになった。イミダクロプリド剤の混入量は，播種2ヶ月後まで安定して防除効果を発揮し，収穫本数を安定的に確保できた資材重量比1.5%が適当と判断された。また，発芽から4葉期の生育調査中，胚軸，および幼根に土中の虫類によると思われる食痕が認められ，これが苗立率と初期生育に影響していることが判明した。イミダクロプリド剤処理では虫の食痕が明らかに少なかった。今後は，発芽，初期生育に影響を与える土中の虫類の種類，分布等の検討や，イミダクロプリド剤を利用した萎黄病，西部萎黄病対策法が必要である。

2. 鎮圧について

適正な鎮圧力は土性や土壌水分で異なるため，条件に応じた調整が必要となるが，今回の凸型鎮圧輪を使用した試験では，黒ボク土において設定鎮圧力0.50kgf/cm^2の条件で90%以上の苗立率を確保でき，3か年の試験においては設定鎮圧力0.35kgf/cm^2においても85%以上の苗立率となった。したがって，設定鎮圧力は0.35kgf/cm^2，押付力調整バネをフリーの条件で十分であると判断された。苗立率の向上には，畦形状変化による微気象環境の改善も影響しているものと推察され，今後も土壌のタイプ別に，最適な発芽条件を与えられるように鎮圧，覆土法を工夫することが大切である。特に，低地土や台地土のような粘土質の強い土壌での対応を検討することは，安定して直播無間引栽培が行う上で重要である。

3. 施肥について

慣行の施肥法では，局所的に肥料が落ちることから，施肥位置がずれた場合などに肥料濃度障害による発芽不良が懸念され，それを回避することを目的に作条混和施肥法を検討した。PTO軸駆動タイプと油圧モータ駆動タイプの2つの作条混和機構については，両機種とも肥料が幅15～20cm程度，深さ15cm程度の断面に分散し，てんさいの生育は，初期生育，収量とも大幅に向上した。これは，発芽直後から肥料吸収によい条件が作条混和法でできたことによると推察される。ただし，混和深さが浅くなった場合には苗立率が低下する場合もあることから，作業時に混和の深さについて十分確認する必要がある。

てんさいは，種子自体が小さいこと，その生育がpHによる影響を受けやすいこと，発芽時の気象条件が変動の激しい時期であることなどから，直播栽培では，施肥法や砕土整地法などの土壌管理技術による，発芽，初期生育の向上が重要になると思われる。土壌管理技術は，大規模化に伴い高能率化と持続性が求められ，今後の研究が大いに期待される。

引用文献

1) 北海道立十勝農業試験場."てん菜の無間引直播栽培". 昭和50年度普及奨励および指導参考事項. 北海道農政部. 1975. p.52-57.
2) 海道立十勝農業試験場."てん菜の無間引直播栽培技術体系化試験－無間引直播栽培試験". 昭和55年度普及奨励および指導参考事項. 北海道農政部. 1980. p.129-132.
3) 北海道立十勝・中央・上川・北見農業試験場."てん菜の無間引直播栽培技術体系化試験－被覆単胚種子に関する試験". 昭和55年度普及奨励および指導参考事項. 北海道農政部. 1980. p.133-136.
4) 北海道立十勝農業試験場."施肥播種機の性能（TS4200）". 昭和59年度普及奨励および指導参考事項. 北海道農政部. 1984. p.500-501.
5) 北海道立十勝農業試験場."ロータリ施肥機に関する試験(GTB-4-660)". 昭和59年度普及奨励および指導参考事項. 北海道農政部. 1984. p.586-587.
6) 東北農業試験場."うね形状による地温制御技術の開発". 1994.

Improve Stand and Early Growth in Drilling Sugarbeet

Yasuhiro YOSHIMURA*, Masaki SHIRAHATA, Mituaki TEZUKA and Harunori ABE

* Hokkaido Prefectual Tokachi Agricultural Experiment Station(present;Hokkaido Central Agricultural Experimernt Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan)