

テンサイの直播，移植栽培における形質発現の比較と一代雑種育種法

大潟 直樹¹⁾・高橋 宙之²⁾・田口 和憲²⁾・岡崎 和之²⁾

緒 言

テンサイ (*Beta vulgaris* L.) は日本の糖原料作物の一つとして、2007年には北海道で約66,000haが作付けされている。テンサイは紙筒を用いた移植栽培が中心であるが、直播栽培が増加傾向にあり、2008年には6,000haに達している (脚注：北海道農政部 2008年)。移植栽培の多労な育苗管理や高い栽培コストは、農家の高齢化、製糖コストの削減への対応を困難にしている。このため農家および製糖会社は、軽労な直播栽培を再評価しており、直播栽培法の改善や直播適性品種の育成・普及が要望されている。近年では、直播栽培の省力化に関する実態調査 (大野ら 1993年)、60cmの畦幅を45cmから50cmとする狭畦栽培法 (山田ら 1995年、高橋ら 2001年)、不織布を使った被覆栽培法 (鈴木ら 1995年) などによって直播栽培の有効性が報告されている。また、テンサイ作の経営においては、直播栽培の純収益が移植栽培を上回る事例が報告されている (植田ら 1989年、箱山ら 1998年)。

一方、直播適性を育種的に試験・研究した報告は少なく、狭畦幅・直播栽培に対する品種反応 (高橋ら 2001年、有田 2003年) や、テンサイ冠部重と根重の直播対移植比率に関する品種間差 (手塚・吉村 1998年) の報告にとどまり、通常の品種比較試験も移植栽培で行われている。

一般的にテンサイの直播適性として重要と考えられる形質には、まず、生育期間の短縮に伴う糖量の低下が少ないことがあげられる。また、地上部形質では、風害・病虫害の回避および雑草抑制の観点から初期生育が旺盛で、畦間被覆日が早いこと (吉村 1996年、石川・竹中 2002年)、根部形質では、収穫機による根部の切断を防止するため、根長が短く、根周が長いことが挙げられる。

北海道農業研究センター (以下、北農研) は、テンサイの育種に、採種上の利点から、主として三系交配一代雑種育種法を用いてきた (関村ら 1988年、蔵之内ら 1994年)。本手法では、ヘテロシス効果により採種株を大きくし、三系交配一代雑種 (以下、三系交配F₁) の採種量および真正種子重を増加させるため (長谷川ら 1976年、川勝ら 1985年、六笠・大潟 2001年)、細胞質雄性不稔系統 (以下、CMS系統) に細胞質雄性不稔維持系統 (以下、O型系統) を交配した単交配一代雑種 (以下、単交配F₁) を種子親系統に用いている。しかし、単交配F₁と三系交配F₁に関して、それぞれの直播栽培における諸形質の反応、遺伝性および組合せ能力を移植栽培と比較し、直播適性品種の育種方向を示した報告はない。そこで本実験では、O型系統、これらを交配した単交配F₁、花粉親系統、そして単交配F₁に花粉親系統を交配した三系交配F₁を用い、直播および移植栽培における地上部および根部形質の遺伝性ならびに組合せ能力を解析した。また、栽培法と系統との交互作用や形質間の相関分析から、三系交配による直播適性品種の育成について検討した。

材料および方法

供試した親系統の育成起源および育成経過を第1表に示す。一代雑種を構成する親系統群として、単胚性二倍体O型系統の「NK172BRmm-O」、 「NK183BRmm-O」、 「NK195mm-O」および「NK229BRmm-O」の4系統、多胚性二倍体系統「NK210BR」および多胚性四倍体系統「NK217BR」を用いた。また、種子親として上記のO型系統を総当たり交配した単交配F₁群6系統を用いた。なお、単交配F₁の採種に当たっては、O型系統と核遺伝子に関する同質遺伝子CMS系統を採種株に用いた。三系交配F₁系統には、上記、単交配F₁群6系統と「NK210BR」を交配したF₁ (以下、二倍体F₁)、また、「NK217BR」を交配したF₁ (以下、三倍体F₁)

第1表 供試親系統の育成経過

原系統*	育成経過		育成系統	育成年次
TA-27, TA-36	→ 6806	→ T2n-14	→ T2n-14-167A	→ NK172BRmm-0 1973
TA-36	→ 7031	→ T2n-15	→ T2n-15-58-51	→ NK183BRmm-0 1978
TA-36, TA-37	→ 7132	→ T2n-22	→ T2n-22-129	→ NK195mm-0 1983
TA-15, TA-27, TA-29, TA-30, TA-37	→ 7801	→ N2n-33	→ N2n-33-44-7	→ NK229BRmm-0 1989
TA-30	→ T2n-5	→ T2n-5-T21-3	→ TK129	→ NK210BR 1985
TA-30	→ T2n-5	→ T2n-5-H136-3	→ C ₃ 4X:TK128**	→ NK217BR 1988

* 原系統の起源:TA-27およびTA-29; イギリス, TA-15およびTA-30; ポーランド, TA-36; ドイツ, TA-37; スウェーデン.

** コルヒチン処理により染色体数を倍加.

をそれぞれ6系統用い、実験には以上の合計24系統を用いた。なお、これらのO型系統および花粉親系統は、近年の品種育成に数多く利用されている。

実験は北農研の精密育種圃場において、直播栽培区と移植栽培区を主区とし、系統を細区とした分割区法3反復で行った。両栽培法ともに畦幅60cmの2畦、株間22.5cmの8.1m²/区(60個体/区)とし、交配系統群の間にはポダ畦を2畦設置した。施肥条件は、直播栽培が全層、また、移植栽培が側条とし、基肥として、10a当たりN:15.0kg, P205:31.5kg, K20:21.0kgを与えた。その他の栽培条件は北農研の慣行法に準じた。直播栽培は2004年4月23日に機械点播、6月8日に間引きを行い、移植栽培は、2004年3月18日に紙筒播種、4月26日に圃場移植し、両栽培法ともに10月14日に収穫した。

調査は、地上部形質として草丈、葉数、草姿、畦間被覆日およびトップ(茎葉)重、根部形質として根周、根長、分岐根の多少、根重、根中糖分を測定し、糖量を根重と根中糖分の積から算出した。草丈、葉数、根周、根長、分岐根の多少は各区の26個体を測定し、その他の形質は52個体を区単位で測定した。草丈および葉数の調査は2004年10月5日に行なった。草姿は系統間差が明確であった時期で、直播栽培では6月28日、移植栽培では6月21日に行い、0(直立型)から3(開平型)の4段階により評価した。分岐根の多少は、0(無)から3(多)の4段階により、根周および根長とともに10月14日に評価した。

直播栽培における測定値(以下、直播栽培値)を用いて、直播栽培における交配系統群別の分散分析を行うとともに、ポテンス比を算出した。ここで、ポテンス比 = $\{F_1 - (P_1 + P_2) / 2\} / (|P_1 - P_2| / 2)$ (武田1999年)が、±1を越える場合を超優性、-1より大きく+1未満を不完全優性として各系質の遺伝性

ならびに各系統の組合せ能力を評価した。さらに各系統の移植栽培における測定値(以下、移植栽培値)に対する直播栽培値の百分比を算出するとともに、分割区法による分散分析から、栽培法の有意性、各形質の栽培法と系統との間の交互作用を検出した。また、分割区の分散成分から遺伝子型分散値(σ^2_g)を推定し、全分散値に対する広義の遺伝力 = $\sigma^2_g / (\sigma^2_g + \sigma^2_{gt} + \sigma^2_e)$ (三留1960年)を算出した。さらに、直播栽培における全系統の系統平均値から形質間の相関係数を算出した。

結果

直播栽培における根部形質および根部形質の調査平均値を第2表に示す。O型系統では、「NK172BRmm-O」は、草丈が高く、本系統を用いた単交配F₁も草丈が高い傾向を示した。また、本系統はO型系統の中では、根重が重く糖量が多かった。「NK195mm-O」は、葉数はやや多いが、草姿が直立型を呈したため、畦間被覆日が遅かった。本系統を用いた単交配F₁はやや直立型を呈した。花粉親系統では、「NK210BR」は草丈が高く、草姿が供試材料の中では最も直立型を呈し、糖量はO型系統よりも明らかに多かった。「NK217BR」は葉数が最も少ないが、草姿が開平型を呈したため畦間被覆日が早かった。また、根中糖分が高く、「NK210BR」並の糖量であった。次に、交配系統群別の平均値を比較すると、三系交配F₁群、単交配F₁群、親系統群の順に草丈、トップ重、根周および糖量が大きく、畦間被覆日も同じ順で早かった。三系交配F₁群の中では、二倍体F₁の方が三倍体F₁よりも草丈が高く、葉数が多い傾向を示した。しかし、畦間被覆日では二倍体F₁と三倍体F₁の間に差は認められなかった。根部形質では、二倍体F₁の方が根周がやや長く、根重が重いものの、根中糖分がやや低く、糖量では二倍体F₁と三倍体F₁との

第2表 直播栽培における地上部形質および根部形質の平均値

系統名*	倍数性**	草丈 (cm)	葉数 (枚)	草姿*** (指数)	畦間被覆日 (月/日)	トップ重 (t/10a)	根周 (cm)	根長 (cm)	分岐根**** (指数)	根重 (t/10a)	根中糖分 (%)	糖量 (kg/10a)
親系統群												
NK172BRmm-0	2n	64.8	26.4	2.3	7/13	5.45	32.0	15.2	0.4	5.49	15.58	853
NK183BRmm-0	2n	41.9	22.7	2.5	7/24	2.58	29.0	14.9	0.2	3.75	17.30	648
NK195mm-0	2n	47.6	27.4	1.1	7/26	3.19	32.1	15.8	0.5	4.59	16.10	738
NK229BRmm-0	2n	55.2	26.0	2.5	7/15	3.82	33.8	15.2	0.2	4.69	16.57	776
NK210BR	2n	67.3	24.3	0.7	7/15	5.11	35.3	15.7	0.3	6.10	18.07	1101
NK217BR	4n	58.3	19.3	2.8	7/9	5.19	35.5	14.9	0.3	6.01	18.27	1099
親系統群平均		55.8	24.4	2.0	7/16	4.22	33.0	15.3	0.3	5.11	16.98	870
LSD5%		4.1	3.9	0.4	5	1.72	3.2	NS	NS	0.67	0.32	110
単交配F₁群												
172BR × 183BR ¹⁾	2n	60.4	30.3	2.4	7/8	5.87	34.1	17.8	0.6	6.21	16.78	1042
172BR × 195	2n	60.8	29.3	1.6	7/13	5.47	33.9	16.3	0.9	6.09	16.24	989
172BR × 229BR	2n	67.5	29.9	2.2	7/9	5.93	36.6	16.7	0.5	6.47	16.41	1062
183BR × 195	2n	53.0	32.3	1.8	7/17	4.80	34.0	17.2	1.0	5.94	17.13	1017
183BR × 229BR	2n	59.7	31.0	2.1	7/10	5.58	34.8	16.5	0.5	5.82	17.71	1030
195 × 229BR	2n	58.2	30.7	1.7	7/12	4.77	35.1	17.5	1.0	6.55	16.82	1101
単交配F ₁ 群平均		59.9	30.6	2.0	7/10	5.40	34.7	17.0	0.8	6.18	16.85	1040
LSD5%		3.2	NS	0.5	5	NS	NS	NS	0.4	0.29	0.20	44
三系交配F₁群												
172BR × 183BR × 210BR	2n	64.9	26.2	2.1	7/7	5.66	36.2	15.7	0.4	6.41	17.35	1112
172BR × 195 × 210BR	2n	66.2	26.7	1.9	7/7	5.57	36.3	16.0	0.3	6.33	16.99	1076
172BR × 229BR × 210BR	2n	68.7	24.4	1.7	7/4	5.54	36.3	15.8	0.3	6.00	17.72	1062
183BR × 195 × 210BR	2n	64.3	25.0	1.7	7/11	5.53	35.5	16.1	0.7	6.45	17.68	1139
183BR × 229BR × 210BR	2n	67.8	25.7	2.1	7/6	6.46	35.4	16.6	0.3	6.19	17.96	1113
195 × 229BR × 210BR	2n	67.1	24.9	1.7	7/8	5.07	36.3	16.3	0.6	6.57	17.56	1154
172BR × 183BR × 217BR	3n	61.4	21.9	2.7	7/9	6.32	35.1	15.2	0.4	5.83	18.02	1050
172BR × 195 × 217BR	3n	61.3	21.4	2.7	7/9	6.08	35.6	15.3	0.4	6.30	17.75	1118
172BR × 229BR × 217BR	3n	63.8	20.4	2.7	7/6	4.83	34.3	15.6	0.1	6.08	18.03	1097
183BR × 195 × 217BR	3n	59.1	21.7	2.5	7/12	5.00	33.6	15.6	0.3	5.98	18.15	1085
183BR × 229BR × 217BR	3n	63.4	21.4	2.8	7/8	6.06	34.8	16.2	0.2	5.88	18.24	1072
195 × 229BR × 217BR	3n	61.6	21.8	2.7	7/7	5.49	35.2	15.1	0.3	6.16	17.96	1106
三系交配F ₁ 群平均		64.1	23.5	2.3	7/8	5.64	35.4	15.8	0.4	6.18	17.78	1099
LSD5%		3.6	3.0	0.3	4	1.71	1.4	NS	0.3	0.39	0.32	NS
総平均		61.0	25.5	2.1	7/11	5.22	34.6	16.0	0.4	5.91	17.35	1027
LSD5%		3.8	3.5	0.4	4	1.08	2.0	1.2	0.3	0.47	0.32	77

* 単交配F₁，三系交配F₁の各組合せは，それぞれ系統名を省略した．例えば，「172BR × 183BR」，「172BR × 183BR × 210BR」は，「NK172BRmm-CMS × NK183BRmm-O」，「(NK172BRmm-CMS × NK183BRmm-O) × NK210BR」を省略表記した．

** 2n, 3n, 4nはそれぞれ，二倍体，三倍体，四倍体を表す．

*** 草姿指数：0(直立) - 3(開平)．

**** 分岐根指数：0(無) - 3(多)．

間に差は認められなかった。

直播栽培における単交配F₁群および三系交配F₁群のポテンス比を第3表に示す。草丈およびトップ重は，交配系統群を問わず正の超優性を示す系統が多かった。草姿は，三系交配F₁群において正の不完全優性を示し，開平型が優性であった。畦間被覆日はほとんどの交配系統群で負の超優性を示し，早い方向が優性であった。例えば，単交配F₁系統「172BR × 229BR」の畦間被覆日は7月9日と親系統よりも早く，三系交配F₁系統「172BR × 229BR × 210BR」は7月4日と単交配F₁系統および花粉親系統よりも早まった(第2表)。葉数，根長ならびに分岐根は単交配F₁群において正の超優性を示したが，三系交配F₁群では，ほとんどが負の不完全優性を示した。根重および糖量は，多くの単交配F₁群および二倍体F₁において正の超優性を示したが，三倍体F₁は根重が

負の不完全優性，糖量が正の不完全優性を示す系統が多かった。根中糖分は，単交配F₁群，三系交配F₁群ともに正の不完全優性を示す系統が多かった。

移植栽培値に対する直播栽培値の百分比を第4表に，また，分割区法による分散分析結果および遺伝力を第5表に示す。直播栽培の草丈は，単交配F₁群の一部を除き，移植栽培よりも高く，総平均の百分比が107%であった。葉数ならびにトップ重は少ないあるいは軽い傾向にあった。草姿は栽培法による差が認められなかったが，三系交配F₁群では，栽培法と系統との間に交互作用が認められた。また，畦間被覆日は直播栽培が明らかに遅く，総平均で13日遅かった。根部形質では，直播栽培の根長は移植栽培より長く，総平均の百分比が107%，分岐根は同29%と明らかに少なかった。両形質は親系統において栽培法と系統との間に交互作用が認められた。例えば

第3表 直播栽培における地上部および根部形質に関するポテンス比.

系統名	草丈 (cm)	葉数 (枚)	草姿 (指数)	畦間 被覆日 (月/日)	トッ ^o 重 (t/10a)	根周 (cm)	根長 (cm)	分岐根 (指数)	根重 (t/10a)	根中 糖分 (%)	糖量 (kg/10a)
単交配F ₁ 群*											
172BR × 183BR	0.6	3.1	0.3	-1.8	1.3	2.4	20.3	2.7	1.8	0.4	2.8
172BR × 195	0.5	5.0	-0.1	-0.9	1.0	28.7	2.7	8.8	2.3	1.5	3.4
172BR × 229BR	1.6	18.2	-1.7	-4.0	1.6	4.2	-	2.2	3.5	0.7	6.4
183BR × 195	2.9	3.1	0.0	-7.3	6.3	2.2	4.0	4.0	4.2	0.7	7.2
183BR × 229BR	1.7	4.0	-	-2.3	3.9	1.4	11.1	16.0	3.4	2.1	5.0
195 × 229BR	1.8	5.8	-0.1	-1.5	4.0	2.6	6.4	4.4	38.2	2.1	18.1
三系交配F ₁ 群**											
172BR × 183BR × 210BR	0.3	-0.4	0.7	-1.3	0.4	2.4	-1.0	-0.5	4.6	-0.1	1.4
172BR × 195 × 210BR	0.7	0.0	1.6	-7.3	1.5	2.4	0.0	-0.8	47.0	-0.2	0.6
172BR × 229BR × 210BR	12.7	-1.0	0.3	-2.3	0.1	0.5	-0.7	-0.7	-1.5	0.6	-1.0
183BR × 195 × 210BR	0.6	-0.8	0.9	-7.5	3.7	1.2	-0.5	0.3	5.4	0.2	1.9
183BR × 229BR × 210BR	1.1	-0.6	0.9	-2.2	4.7	1.1	1.2	-0.8	1.6	0.4	1.3
195 × 229BR × 210BR	1.0	-0.8	1.0	-3.9	0.8	8.7	-0.3	-0.1	1.1	0.2	-
172BR × 183BR × 217BR	2.0	-0.5	0.7	3.0	2.3	0.5	-0.8	0.0	-2.8	0.7	-0.7
172BR × 195 × 217BR	1.4	-0.6	0.9	-0.7	5.3	1.1	-0.5	-0.5	6.3	0.5	1.4
172BR × 229BR × 217BR	0.2	-0.8	0.6	-	-2.0	-3.1	-0.2	-2.6	-0.7	0.7	0.9
183BR × 195 × 217BR	1.3	-0.6	0.3	-0.3	0.0	-1.6	-0.4	-1.1	0.1	0.8	0.7
183BR × 229BR × 217BR	6.1	-0.6	1.0	-1.7	3.4	-1.0	0.6	-1.8	-0.4	0.9	0.2
195 × 229BR × 217BR	67.6	-0.6	0.9	-1.7	2.5	-0.3	-0.8	-0.9	-0.4	0.6	6.0

- はポテンス算出に当たり、分母が0となり算出が不能.

* 単交配F₁ポテンス比 = (単交配F₁ - 構成するO型系統平均) / {(構成するO型系統の差の絶対値)/2}.

** 三系交配F₁ポテンス比 = (三系交配F₁ - 構成する単交配F₁と花粉親の平均) / {(構成する単交配F₁と花粉親の差の絶対値)/2}.

第4表 地上部および根部形質に関する移植栽培値に対する直播栽培値の百分比.

系統名	草丈 (cm)	葉数 (枚)	草姿 (指数)	畦間 被覆日* (月/日)	トッ ^o 重 (t/10a)	根周 (cm)	根長 (cm)	分岐根 (指数)	根重 (t/10a)	根中 糖分 (%)	糖量 (kg/10a)
親系統群											
NK172BRmm-0	106	86	103	16	90	87	104	29	76	103	78
NK183BRmm-0	107	95	100	12	82	87	123	14	83	99	82
NK195mm-0	110	100	115	3	66	89	121	22	103	100	103
NK229BRmm-0	106	89	95	13	78	90	104	26	73	93	76
NK210BR	111	105	109	16	89	87	106	19	80	103	82
NK217BR	108	93	98	7	75	89	98	28	82	102	84
親系統群平均	108	95	100	10	80	88	109	23	81	100	83
単交配F ₁ 群											
172BR × 183BR	99	89	100	18	72	84	113	34	81	102	83
172BR × 195	104	91	75	18	80	84	106	47	81	102	83
172BR × 229BR	104	92	100	20	80	91	112	27	80	103	82
183BR × 195	102	108	104	15	92	87	111	50	86	102	88
183BR × 229BR	108	91	103	13	83	85	112	27	83	103	85
195 × 229BR	98	89	89	15	71	86	115	53	83	105	87
単交配F ₁ 群平均	103	93	95	16	79	86	112	40	82	103	85
三系交配F ₁ 群											
172BR × 183BR × 210BR	109	94	91	14	88	89	97	28	77	102	78
172BR × 195 × 210BR	106	89	88	16	88	89	103	22	79	101	80
172BR × 229BR × 210BR	108	86	72	13	79	86	108	18	73	102	75
183BR × 195 × 210BR	109	93	113	15	91	86	99	60	76	103	78
183BR × 229BR × 210BR	104	83	124	14	81	85	114	18	78	103	81
195 × 229BR × 210BR	109	84	126	13	78	84	103	35	78	104	80
172BR × 183BR × 217BR	111	93	100	10	97	87	101	28	78	101	78
172BR × 195 × 217BR	109	92	98	16	90	87	99	48	79	102	81
172BR × 229BR × 217BR	107	81	89	19	69	85	103	8	78	104	81
183BR × 195 × 217BR	104	84	95	20	82	85	108	16	79	103	81
183BR × 229BR × 217BR	112	85	113	16	93	87	112	19	75	102	77
195 × 229BR × 217BR	111	88	105	13	95	88	101	29	81	103	83
三系交配F ₁ 群平均	108	88	100	14	86	87	104	29	77	103	80
総平均	107	91	98	13	83	87	107	29	80	102	81

百分比 = 直播栽培値 / 移植栽培値 × 100.

* 畦間被覆日のみは、百分比ではなく、直播栽培値と移植栽培値との差.

第5表 直播栽培と移植栽培による各形質の分割区法分散分析F値および遺伝力

系統群・項目	草丈 (cm)	葉数 (枚)	草姿 (指数)	畦間 被覆日 (月/日)	トップ重 (t/10a)	根周 (cm)	根長 (cm)	分岐根 (指数)	根重 (t/10a)	根中 糖分 (%)	糖量 (kg/10a)
親系統群											
栽培法	9.8**	1.3NS	0.0NS	55.6**	6.5*	62.5**	14.9**	194.9**	25.2**	4.9*	22.8**
系統	33.5**	4.4**	128.7**	23.1**	6.0**	13.9**	2.9*	9.6**	16.3**	46.5**	23.5**
栽培法×系統	0.2NS	0.4NS	0.4NS	2.3NS	0.3NS	0.2NS	2.7*	4.7**	1.7NS	1.0NS	1.4NS
広義の遺伝力	0.85	0.40	0.96	0.71	0.49	0.70	0.02	0.45	0.66	0.88	0.77
単交配F ₁ 群											
栽培法	2.2NS	3.9NS	1.2NS	117.5**	19.9**	169.6**	29.0**	220.7**	141.5**	40.3**	130.8**
系統	13.4**	0.3NS	7.1**	6.8**	3.2*	1.5NS	1.1NS	1.9NS	7.6**	38.6**	4.2**
栽培法×系統	0.8NS	0.6NS	1.5NS	0.4NS	0.7NS	1.1NS	0.4NS	1.5NS	0.8NS	1.0NS	0.6NS
広義の遺伝力	0.68	-	0.44	0.52	0.29	0.06	0.12	0.06	0.53	0.86	0.37
三系交配F ₁ 群											
栽培法	59.9**	38.7**	0.2NS	338.3**	16.1**	393.2**	9.3**	152.4**	802.7**	41.4**	626.3**
系統	7.7**	6.3**	34.3**	2.9**	1.3NS	3.4**	1.4NS	1.4NS	6.2**	7.7**	2.7**
栽培法×系統	0.4NS	0.5NS	3.9**	1.1NS	0.5NS	0.6NS	1.4NS	1.3NS	0.8NS	0.5NS	0.8NS
広義の遺伝力	0.55	0.49	0.72	0.21	0.11	0.31	0.00	0.02	0.47	0.55	0.24
全系統											
栽培法	54.6**	26.3**	0.8NS	466.7**	38.9**	546.8**	48.8**	467.8**	449.4**	64.6**	400.6**
系統	24.1**	8.7**	43.5**	18.4**	4.9**	11.3**	3.7**	5.2**	22.7**	35.5**	31.1**
栽培法×系統	0.7NS	0.6NS	2.2**	1.5NS	0.5NS	0.7NS	1.8*	1.8*	1.9*	0.8NS	1.8*
広義の遺伝力	0.80	0.58	0.83	0.70	0.42	0.64	0.20	0.31	0.73	0.85	0.79

* および ** はそれぞれ5%および1%水準で統計的に有意であることを示し、NSは有意性がない。

広義の遺伝力 = $\frac{\sigma_g^2}{(\sigma_g^2 + \sigma_{gt}^2 + \sigma_e^2)}$, σ_g^2 : 遺伝子型分散, σ_{gt}^2 : 系統・処理交互作用分散, σ_e^2 : 環境分散。

- は分散分析による交互作用分散値が系統分散値より大きく、遺伝子型分散値(系統・交互作用)が負となり遺伝力の推定が不能。

直播栽培における「210BR」と「217BR」の分岐根の測定指数(第2表)はともに0.3であったが、直播栽培値の百分比はそれぞれ19%、28%と移植栽培により分岐根の発生程度が異なった。直播栽培の根周および根重は、総平均の百分比がそれぞれ87%、80%であった。親系統群を除いた直播栽培の根中糖分は移植栽培より高く、総平均の百分比が102%であったが、糖量は81%と少なかった。広義の遺伝力では、草丈、草姿、畦間被覆日、根重、根中糖分ならびに糖量の遺伝力が高い傾向を示した(第5表)。一方、根長および分岐根の遺伝力は低かった。

直播栽培における全系統平均値による形質間相関係数を第6表に示す。地上部形質では、畦間被覆日は、草丈およびトップ重との間に負の相関関係を示し、草丈が高いと畦間被覆日が早かった。また、草姿は葉数との間に負の相関関係を示し、葉数の少ない方が開平型を示した。地上部と根部形質間では、草丈およびトップ重は、根周および根重との間に正の相関関係を示し、また、畦間被覆日は、根重および根中糖分との間に負の相関関係を示し、畦間被覆日が早いほど、糖量が多くなることが示された。糖量は根重と非常に高い、また、根中糖分とはやや高

い正の相関関係を示した。根重は、根周との間の正の相関係数が根長よりも高く、一方、根中糖分との間に相関関係は認められなかった。

考 察

これまで、直播栽培の移植栽培に対する糖収量性の比較では、根中糖分は等しいが、直播栽培は、根重が15から20%少ないため、糖量の少ないことが報告されている(T HEURER and D ONEY 1980年、高橋ら 2003年)。一方、高橋ら(2001年)は狭畦幅直播栽培では、根中糖分がやや高いことを報告している。本実験では、直播栽培は移植栽培より根中糖分が統計的に有意に高かった(第4、5表)。この原因として、本実験を行った2004年の北海道の気象は例年よりも高温・乾燥条件となり直播栽培は根部肥大がやや抑制され、根中糖分が高まったものと考えられた。また、直播栽培は移植栽培に比較して、地上部は草丈が高く、トップ重が軽く、根部では、根長が長く、分岐根が少なくなることが明らかとなった。ただし、直播栽培における根長の増加は三系交配F₁で4%にとどまり、実数値では約1cmと、栽培上の支障になるとは考えられなかった。一方、分岐根

第6表 直播栽培における各形質の全系統平均値による形質間相関係数。

形質	葉数	草姿	畦間被覆日	トップ重	根周	根長	分岐根	根重	根中糖分	糖量
草丈	-0.07	-0.08	-0.83**	0.81**	0.80**	0.16	-0.11	0.79**	0.23	0.76**
	葉数	-0.49*	0.20	-0.02	0.01	0.76**	0.74**	0.11	-0.64**	-0.13
		草姿	-0.37	0.22	-0.07	-0.33	-0.43*	-0.06	0.31	0.04
		畦間被覆日	-0.82**	-0.77**	-0.15	0.18	0.18	-0.77**	-0.43*	-0.80**
				トップ重	0.72**	0.26	0.06	0.79**	0.30	0.77**
					根周	0.26	0.09	0.86**	0.35	0.86**
						根長	0.66**	0.45*	-0.22	0.31
							分岐	0.31	-0.43*	0.12
								根重	0.27	0.95**
								根中糖分		0.56**

* および ** はそれぞれ5%および1%水準で統計的に有意であることを示す (n=24)。

が多い原料は、根部の付着土壌が増加し、製糖効率を下げため (T HEURER and D ONEY 1980年)、分岐根の減少は直播の優点の一つと考えられた。このように、多くの形質について直播栽培と移植栽培との間に差が認められたが、直播栽培と移植栽培による栽培法の相違と系統との間の交互作用 (第5表) は、一部の形質に限られ、すべての交配系統群において一貫して交互作用を示した形質は認められなかった。このため、調査形質に対する遺伝的効果には、栽培法による差はほとんどなく、移植栽培においてみられる各系統の優劣は直播栽培にも適用できると結論づけられた。

直播栽培におけるポテンス比の解析から (第3表)、草丈、畦間被覆日、トップ重、根周ならびに根重では、単交配F₁、三系交配F₁の両段階において超優性が認められたため、直播適性に優れた一代雑種の育成に当っては、両親の能力を上回る超優性の発現を育種目標とした組合せ能力の評価が必須であろう。根中糖分は正の不完全優性を示したことから、種子親および花粉親を選抜・改良し、優れた両親を組み合わせることが有効である。これら優性効果が正 (畦間被覆日は早い方が優性) であった形質については、単交配F₁により優性効果を発現させた種子親を用いることが、三系交配F₁の能力を底上げすることが判明した。さらに、単交配F₁を上回る三系交配F₁の育成に当たっては、「NK210BR」のような組合せ能力の高い花粉親系統の活用が有効であろう。

次に、形質間相関分析の結果から (第6表)、草丈が高くなるに従い、畦間被覆日が早まり、畦間被覆日が早いと根重が重く、根中糖分が高い傾向を示した。このため、一代雑種のヘテロシス効果によるバイオマスの向上が糖量を減少させることは少ないと考えられた。D ILLION *et al* (1972年) および鈴木

ら (1995年) は不織布を用いた被覆栽培により草丈の伸長とともに根中糖分が向上したことを報告しており、栽培方法の面からも地上部の生育向上が糖量の減少につながらないものと推察された。

倍数性の観点から、直播適性に優れた一代雑種品種の育成について考察すると、三倍体F₁では、根中糖分のポテンス比は二倍体F₁よりも高かった (第2, 3表)。田辺ら (1968年) も、三倍体F₁の根中糖分が中間親より高いことを報告しており、根中糖分が高い一代雑種育成に向けて四倍体花粉親の有効性が示された。しかし、根重については二倍体F₁の方が超優性が多く発現したことから、倍数性による糖収量の差は認められなかった。次に地上部について、大瀧ら (2002年) は、葉数は初期生育と収穫期に間に正の相関関係にあることを報告している。本実験からも、葉数が多く、草丈の高い二倍体F₁の方が初期生育が旺盛で畦間被覆日の早い一代雑種の早期育成につながると考えられる。有田 (2003年) は、導入が想定されている狭畦幅・直播栽培では、直立型の方が隣接個体との重なりが少なく、根重の増加が大きいことを報告している。本実験では、三倍体F₁の畦間被覆日が二倍体F₁並の早さを示し、原因として開平型の草姿が影響したものと考えられた。しかし開平型は中耕作業により葉が損傷しやすく、さらに、葉数が少ないため障害からの回復に時間を要することが懸念される。これらのことから直立型の顕著な二倍体F₁の方が直播栽培では有利であろう。草姿は遺伝力が高く、根部形質とは無相関であるため、直立型で直播適性に優れた一代雑種の育成が効率的に達成できるものと考えられる。

摘 要

直播適性に優れたテンサイ一代雑種品種の育成を

図るため，親系統およびこれらを交配した単交配F₁，単交配F₁に花粉親系統を交配した三系統交配F₁を用い，直播栽培および移植栽培を行った。また，地上部および根部形質の遺伝性ならびに各系統の組合せ能力を解析し，栽培法と系統との交互作用を解析した。その結果，直播栽培では移植栽培に比べると，地上部形質では，草丈が高く，畦間被覆日が遅く，根部形質では，根長が長く，分岐根が少なく，糖収量性では，根重は少ないものの，根中糖分が高いことが明らかとなった。しかし，全系統群を通じて栽培法と系統との間に交互作用を示した形質は認められず，直播栽培における糖量，草丈，畦間被覆日といった形質の優劣は移植栽培と同様であると考えられた。ポテンス比からみた直播栽培の組合せ能力では，草丈，畦間被覆日および根重は超優性が発現した。直播適性に優れた一代雑種品種の育成には，優性効果が強く発現した単交配F₁を種子親に，二倍体花粉親を交配することが有効であった。根中糖分は，正の不完全優性を示し，両親の組合せが重要であった。形質間相関分析から，畦間被覆日は草丈および糖量との間に負の相関関係を示した。直播栽培で必要とされる雑草抑制に向けて畦間被覆日を早めるためには，草丈を主眼として選抜することが有効と考えられた。

謝 辞

本実験における各種形質の測定にあたり，北農研の佐々木真由美氏，吉野朱実氏から，また，デ・タの収集・解析にあたり北農研の高橋千鶴氏，熊倉めぐみ氏から，多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 有田敬稔 (2003): テンサイ直播狭畦幅栽培の収量性とその要因。てん研報 45:14 19.
- 2) D ILLION, M. A., M CCASLIN, B. D. and S CHMEHL, W. R. (1972): Effects of transplanting and plastic cover on growth of sugar beets. Agron. J. 64:183 186.
- 3) 箱山晋・川口健太郎・六笠裕治 (1998): テンサイ直播栽培における生産コストの試算について。てん研報 40:103 106
- 4) 長谷川寿保・武田竹雄・関村潔・八戸三千男 (1976): 単胚一代雑種組合せ上の諸問題。てん研報 18:185 193.
- 5) 石川枝津子・竹中重仁 (2002): 直播テンサイ畑の発生雑草について。てん研報 44:59 65.
- 6) 川勝正夫・溝口健・関村潔・田辺秀男 (1985): テンサイ単胚一代雑種種子親の採種特性の改良第1報 種子生産性の向上。てん研報 27:50 56.
- 7) 蔵之内利和・川勝正夫・林孝道・田中征勝 (1994): テンサイ新品種「マイテイ」の育成と選抜経過。てん研報 36:6 12.
- 8) 三留三千男 (1960): 遺伝分散の推定と分散分析，“農業実験計画法”，朝倉書店，東京。331 343.
- 9) 六笠裕治・大瀧直樹 (2001): 直播テンサイの初期生育と平均発芽日数および真正種子重との関係。日作紀 70 (4):510 514.
- 10) 大瀧直樹・田口和憲・田中征勝 (2002): テンサイの草丈，葉数及び茎葉重に関する片側ダイアレル分析。育種学研究 4 (2):77 85.
- 11) 大野豊治・花田忠重・向山薫・森孝・秦泉寺敦・玉山昭夫・菅原寿一・木村雅暢 (1993): 北糖管内における直播栽培の実態について。てん研報 35:14 21.
- 12) 関村潔・林孝道・川勝正夫・永田伸彦 (1988): テンサイ新品種「モノパ-ル」「モノホマレ」の諸特性。てん研報 30:8 17.
- 13) 鈴木啓徳・上田信次・中里秀昭・今木一喜 (1995): テンサイ直播マルチ栽培の可能性について。てん研報 37:57 65.
- 14) 高橋宙之・大瀧直樹・田中征勝 (2001): 育成品種・系統の狭畦直播栽培における諸形質の反応。てん研報 43:44 51.
- 15) 高橋宙之・大瀧直樹・田口和憲・岡崎和之・中司啓二 (2003): 異なる栽培様式におけるテンサイ育成一代雑種の生育および諸特性。日本育種学会・作物学会北海道談話会会報 45:35 36.
- 16) 武田和義 (1999): 遺伝性，“植物遺伝育種学”，裳華房，東京。100 147.
- 17) 田辺秀男・増谷哲雄・中島淳吉 (1968): てん菜三倍体雑種の生産力に関する一考察。てん研報告 補9:135 137.
- 18) 手塚光明・吉村康弘 (1998): テンサイ冠部の形態および品質 第4報 直播栽培が冠部重に及ぼす影響の品種間差。てん研報 40:97 101.
- 19) T HEURER, J. C. and D ONEY, D. L. (1980)

: Transplanted versus direct-seeded sugarbeets. J. of the Am. Soc. Sugar Beet Technol. 20 (5) :503—516.

20) 植田敏文・大坂雅博・有田共秀・藤原増直 (1989) : テンサイ直播栽培と移植栽培の生産費調査結果について. てん研報 31:175—178.

21) 山田保彦・城正幸・佐々木信夫・有田共秀・大櫛隆行・永井昭治・富田元夫 (1995) : テンサイ直播栽培省力化改善調査. てん研報 37:66—73.

22) 吉村康弘 (1996) : テンサイの直播及び移植栽培における乾物生産特性. てん研報 38:105—117.