

## 北限地帯におけるサイレージ用トウモロコシの生育および生産性に関する研究(4)

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	吉良, 賢二 白井, 和栄
巻/号	56巻4号
掲載ページ	p. 491-498
発行年月	1987年12月

## 北限地帯におけるサイレージ用トウモロコシの

### 生育および生産性に関する研究

#### 第4報 栽植密度が乾物生産特性および 収量に及ぼす影響

吉良賢二・白井和栄\*

(北海道立北見農業試験場・\*北海道立十勝農業試験場)

昭和62年2月21日受理

既報<sup>7,8,9)</sup>で、北限地帯においてサイレージ用トウモロコシの栄養生産性を向上させるためには、登熟期間の乾物生産性を増大させることがとくに重要であり、そのためには初期生育を向上させることが必要であることを明らかにした。さらに、この初期生育の期間は太陽エネルギーに比較的恵まれるため、早期に葉面積指数を確保することによって、太陽エネルギーを効率よく利用し、初期生育の向上をはかるべきであることを指摘した。そこで、栽植密度を高めることによって、葉面積を早期に拡大させることを試み、それが生育および生産性に及ぼす影響について検討することにした。

トウモロコシの栽植密度と生育および収量との関係については古くから数多くの報告がなされているが<sup>1,6,14,16,17)</sup>、そのほとんどは子実用のトウモロコシについてである。最近ではサイレージ用についての報告も多くなってきたが<sup>3)</sup>、そのほとんどは USA やヨーロッパなどの比較的温暖な地方における試験結果であり、根釧地方のような北限地帯における試験の報告はほとんどない<sup>18)</sup>。

本報告では、サイレージ用トウモロコシを用い、栽植密度が乾物生産特性ならびに収量に及ぼす影響

について検討した結果を報告する。

#### 材料および方法

試験は、北海道立根釧農業試験場内圃場において、1978~82年の5カ年行った。供試品種はワセホマレ(早生種)である。栽植密度は、第1表に示したように、各年とも畦幅を69cmの一定とし、株間を変化させて3~4水準設定した。各年とも共通して、堆厩肥40t、苦土炭カル1.5t/haを散布し、施肥量は窒素120kg、リン酸150kg、カリ100kg/haとした。試験区は乱塊法3反復(ただし、80年のみ2反復)で配置し、各試験区内には予め生育追跡用調査区を設けた(ただし、78年は収量調査のみを実施した)。

生育追跡調査は、各年とも58,000または60,000本/ha区が4葉期、7葉期、11葉期、絹糸抽出期、絹糸抽出期後3週間目および6週間目に達した時期に全区一斉に行った。各調査は各試験区ごとに12~16個体を採取し、葉身、茎(葉鞘+稈+雄穂)および雌穂の各器官の乾物重(75°C、120時間熱風乾燥)と葉面積を測定する方法によった。また、収量調査は各年とも収穫期に各区32~36個体を全区

Table 1. Planting density, dates of planting and harvesting, and accumulated temperatures from June to September.

Year	Planting density (1000 plants/ha)	Planting date	Harvesting date	Accumulated temperature (°C)
1978	①40, ②60, ③80	May 30	Oct. 3	2082
1979	①40, ②60, ③80, ④100	May 29	Oct. 4	1898
1980	①40, ②60, ③80, ④100	May 31	Oct. 15	1703
1981	①58, ②73, ③88, ④103	May 28	Oct. 5	1755
1982	①58, ②73, ③88, ④103	June 1	Oct. 15	1897

1. Row width was always the constant of 69 cm in all planting densities.

2. Accumulated temperature from June 1 to September 30 of long-term average (1928~1982) was 1946°C.

一斉に刈り取り、茎葉重（穂柄と包被を含む）と雌穂重を測定し、熱風乾燥（75°C, 120時間以上）した後、それぞれの乾物率と乾物収量を算出した。

## 結 果

### 1. 栽植密度が生育に及ぼす影響

第2表は絹糸抽出期、収穫時における草丈と着雌穂高、倒伏個体の発生率（倒伏発生時における）などについて示したものである。絹糸抽出期は各年とも疎植ほど早く、密植になるに伴い1~2日遅れた。草丈と着雌穂高は各年とも密植ほど高くなった。密植に伴う伸長の増加程度は草丈よりも着雌穂高の方が大きく、草丈に対する雌穂の相対的な着生位置は密植に伴って高くなった。垂直から30度以上傾斜した倒伏個体は、80年を除く各年とも登熟期間前半の時期に台風の影響を受けて発生した。倒伏個体の発生程度は、密度の増加に伴って多くなる傾向が認められたが、82年のように密度間で逆転する場合もあった。なお、倒伏した個体は、その後間もなく回復したが、79年と81年では基部がわん曲した状態となった。

### 2. 栽植密度と生長パラメータ

栽植密度が乾物生産特性に及ぼす影響を明らかにするため、まず栽植密度と生長パラメータとの関係を検討した。第1図は栽植密度が地上部乾物増加速度（TGR, top growth rate）、葉面積指数（LAI）および純同化率（NAR）の経時的推移に及ぼす影響を、ほぼ平年並の気象で経過した1982年について示したものである。栽植密度が TGR, LAI および NAR の推移に及ぼす影響は各年とも同様の傾向を示した。すなわち、TGR は栄養生長期間においては密植区ほど大きかった。しかし、絹糸抽出期以降になると TGR は密植区ほど急速に低下した。このため、登熟期間前半において TGR は密度間差異が小さくなり、登熟期間後半には TGR は 58,000 本/ha の疎植区が最大、103,000 本/ha の最密植区が最小となった。なお、1978~80年における登熟期間後半の TGR は、60,000 本/ha の疎植区が最大、次いで 40,000 本/ha の最疎植区が大きく、100,000 本/ha の最密植区は最小であった。LAI は全生育期間を通して密植区ほど大きかった。LAI の密度間差異は絹糸抽出期まで生育が進むに伴い拡大した

Table 2. Effect of planting density on silking date, plant height, ear height, lodging, barrenness, shading and SLA.

Year	Planting density (1000 plants/ha)	Silking date	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Percentage of lodging plants (%)	Percentage of barren plants (%)	Rate of shading (%)	SLA (cm <sup>2</sup> /g)
1978	40	Aug. 4	253	64	44	0.4 b	63	215
	60	5	255	72	54	1.3 b	75	224
	80	5	257	74	54	6.7 a	81	232
1979	40	Aug. 17	252	62	64	0.9 c	83	199
	60	17	255	68	78	4.6 bc	90	209
	80	17	258	72	84	8.9 b	91	216
	100	18	262	78	84	26.6 a	94	216
1980	40	Aug. 27	230	58	0	0.0	80	184
	60	27	240	73	0	2.6	88	193
	80	29	243	75	0	7.7	92	208
	100	29	245	82	0	19.7	95	215
1981	58	Aug. 29	213	58	57	4.8 c	78	187
	73	30	214	59	66	11.4 bc	84	191
	88	30	216	62	72	20.5 ab	87	197
	103	31	218	65	77	30.8 a	90	197
1982	58	Aug. 19	239	62	24	5.4 c	82	195
	73	20	241	64	40	8.1 bc	87	205
	88	20	242	69	36	14.0 ab	90	206
	103	21	245	71	48	20.0 a	92	208

Note. 1. Percentage of lodging plants (%) was measured at the occurrence of lodging.

2. Barren plants are composed of the sterile ear and the nubbin ear plants. (a-c) Data within each year followed by the same letters did not differ at the 5% probability level using Duncan's new multiple range test.

3. Rate of shading (%) was measured at silking stage and estimated from the following formula: (100-relative light intensity at the bottom of the canopy).

4. SLA (Specific Leaf Area) was measured at the date of 3 weeks after silking date.

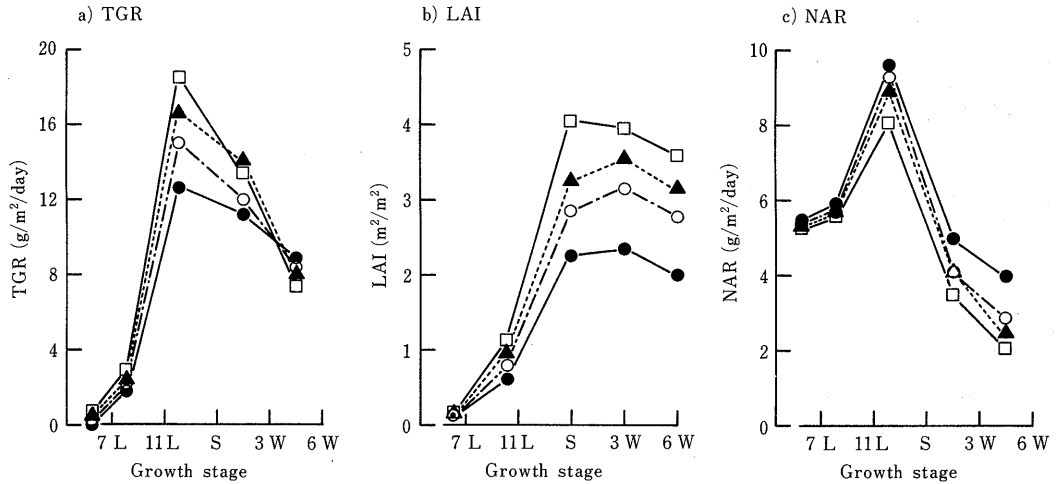


Fig. 1. Changes at various growth stages in top growth rate (TGR), leaf area index (LAI) and net assimilation rate (NAR) as related to planting densities in 1982. Growth stage: 7L and 11L; 7th- and 11th- leaf stage, respectively, S; Silking stage, 3W and 6W; 3 and 6 weeks after silking, respectively.

Planting density: ●—● 58,000, ○—○ 73,000, ▲—▲ 88,000, □—□ 103,000 plants/ha.

が、絹糸抽出期以後になるとほぼ一定となった。NAR は隣接個体との相互遮蔽が始まる6~7葉期以後から登熟期間後半まで40,000もしくは58,000本/ha区の疎植ほど大きかった。また、NARの密度間差異は生育が進むに伴い拡大する傾向が認められた。なお、1982年のように倒伏が発生した場合には、NARは倒伏の発生程度に比例して低下した。

このように、絹糸抽出期以後NARは密植区ほど急速に低下したが、この原因として相互遮蔽と葉の光合成能力の低下が考えられた。そこで、絹糸抽出期に測定した群落内の地際の相対照度から求めた遮蔽率〔=100-地際の相対照度(%)〕と絹糸抽出期後3週間目における比葉面積(SLA, specific leaf area)を第2表に示した。遮蔽率は各年とも密植区ほど明瞭に増大した。一方、SLAは各年とも密植区ほど明確に増大し、密植ほど葉身の厚さは薄くなることを示した。

### 3. 栽植密度と雌穂の生長

つぎに、登熟期間のTGRのうち大きな部分を占める雌穂の生長について検討した。第2図は登熟期間後半における雌穂重増加速度(EGR, ear growth rate)に及ぼす栽植密度の影響を示したものである。登熟期間前半におけるEGRと栽植密度の間には明確な関係はみられなかった。しかし、登熟期間後半のEGRは60,000~80,000本/haで最高と

なり、80,000本/ha以上の密植では低下した。さらに各年ごとにみると、80年や81年のように低温で経過した年ほどEGRが最高を示す密度は低下する傾向が認められ、密植によるEGRの低下は低温によって助長されることが示された。

第3図は収穫期における部位別乾物率と栽植密度との関係を示したものである。雌穂乾物率は疎植区ほど高くなる傾向が認められた。しかし、茎葉乾物率は密植区で高くなり、とくに80,000本/ha以上の密植になると急激に高くなった。このように、密植が雌穂の生長におよぼす影響は収穫物の部位別乾物率についても明確に認められた。

不稔個体(不稔粒, 屑粒, 未乳熟粒の発生など子実形成の不全による無効雌穂着生個体)は、第2表に示したように、密植ほど多く発生することが認められ、とくに約100,000本/haの密植区では不稔個体が20%以上も発生した。この不稔個体発生率と登熟期間後半におけるNARとの間には、第4図に示したように、密接な関係が認められた。すなわち、不稔個体率はNARが低下するのに伴って指数曲線的に増加し、各年ともNARが2.0 g/m<sup>2</sup>/day以下に低下すると、不稔個体の発生が急激に増加した。

### 4. 栽植密度と収量および品質

第3表は茎葉重, 雌穂重および総重の各乾物収量, 全収穫物の乾物率, 雌穂重割合および子実の熟

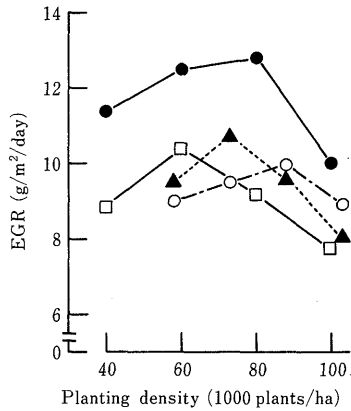


Fig. 2. Effect of plant density on ear growth rate (EGR) during the latter half of the ear-filling period.  
 ●—● 1979, □—□ 1980,  
 ▲—▲ 1981, ○—○ 1982.

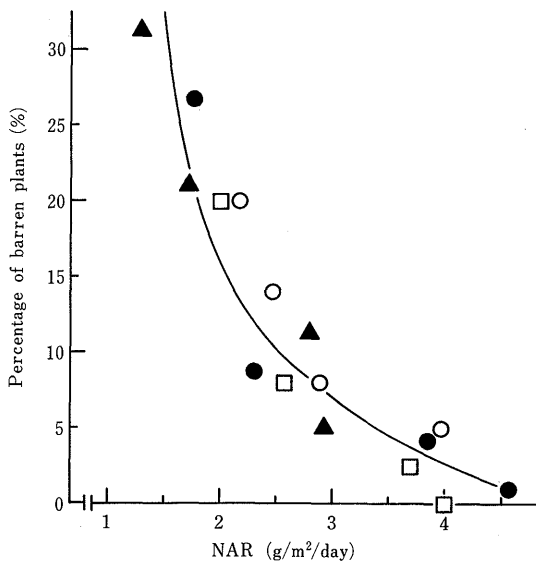


Fig. 4. Relationship between percentage of barren plants and NAR during the latter half of the ear-filling period.  
 Symbols are the same as those in Fig. 2.

度に及ぼす栽植密度の影響を示したものである。莖葉重は、密植区で栄養生長期において乾物生産が優れていたことから、各年とも密植ほど多収となった。一方、雌穂重は、密植区で登熟期間後半に乾物生産が低下し、不稔個体が多発したため、ほぼ

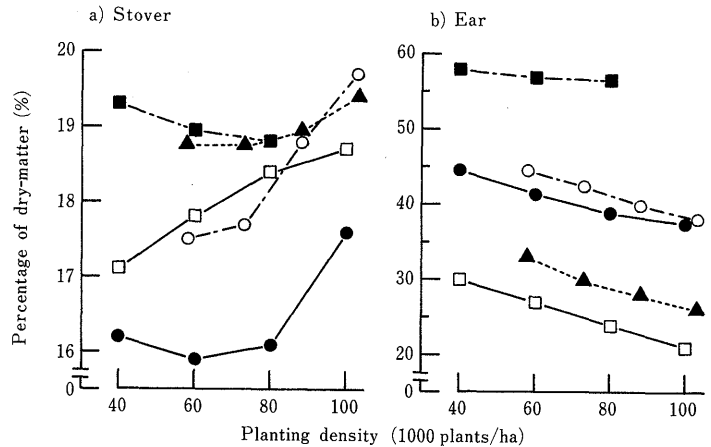


Fig. 3. Effect of planting density on the percentage of dry-matter in stover and ear.  
 ■—■ 1978, ●—● 1979, □—□ 1980, ▲—▲ 1981, ○—○ 1982.

60,000~80,000本/ha区が多収となる傾向を示した。総重は各年とも密植ほど多収を示し、60,000本/ha以下の疎植では78年を除いて10t/ha以下の低収となった。

子実の熟度は密植ほど遅れ、雌穂重割合は密植ほど低下する傾向を示した。全収穫物の乾物率は、100,000本/haの最密植区が60,000本/ha以下の疎植区よりも低くなる傾向を示したものの、全般に密度間差異が小さかった。

## 考 察

### 1. 栽植密度が生育および乾物生産特性に及ぼす影響

隣接個体との相互遮蔽は、約100,000本/haの最密植区では5~6葉期ころから、40,000~60,000本/haの疎植区では7~8葉期ころから生じた。本試験では密度条件が畦幅を一定として設定され、株間の距離が同一密度の正方形植えの場合より短いため、個体間の競合は生育に強い影響を及ぼしたものと考えられる。密植区では栄養生長期後半には相互遮蔽による受光量不足によって各個体の生育は疎植区より劣り、絹糸抽出期が遅れた。また、草丈と着雌穂高は密度効果によって密植区ほど高くなった。しかも、草丈に対する着雌穂高の相対的な位置は密植ほど高くなり、稈も細くなり、倒伏しやすい形態となった<sup>14,15)</sup>。このため、密植区ほど倒伏個体の発生が多かった。

吉良は<sup>9)</sup>、北限地帯のトウモロコシ栽培では登熟

Table 3. Effect of planting density on dry-matter yields, percentage of dry-matter in whole-plant, Ear/Total ratio and grain maturity.

Year	Planting density (1000 plants/ha)	Dry-matter yield (t/ha)			Percentage of DM (%)	Ear/Total ratio (%)	Grain maturity
		Stover	Ear	Total			
1978	40	4.83	6.59 c	11.42 b	31.4	57.8	F-O
	60	5.34	8.67 b	14.01 a	32.2	61.9	F
	80	5.89	9.01 a	14.90 a	31.6	60.6	F
1979	40	4.33 c	4.51	8.83 b	24.0	50.9 a	Ym
	60	5.45 b	4.84	10.29 ab	22.4	47.0 ab	Ym
	80	6.13 b	4.66	10.80 a	21.6	43.1 b	Ye-Ym
	100	7.54 a	3.85	11.39 a	21.5	33.5 c	Ye
1980	40	5.12 b	2.31	7.43 b	19.8	31.1	Dm
	60	7.04 ab	2.67	9.71 a	19.6	27.5	Dm
	80	7.24 ab	2.47	9.71 a	19.6	25.6	De-Dm
	100	8.94 a	1.81	10.80 a	19.3	17.2	De
1981	58	5.10 c	3.14 ab	8.24 b	22.5 a	38.1 a	Dl
	73	5.93 bc	3.21 a	9.14 ab	21.7 ab	35.2 ab	Dm-Dl
	88	6.41 ab	2.72 ab	9.13 ab	20.9 b	29.8 b	Dm
	103	6.96 a	2.52 b	9.48 a	20.8 b	26.5 bc	Dm
1982	58	5.11 c	3.31	8.42 b	23.0	39.3 a	Ye-Ym
	73	6.07 bc	3.31	9.37 ab	22.3	35.3 b	Ye-Ym
	88	6.78 ab	3.34	10.12 a	22.9	33.1 b	Ye
	103	7.74 a	2.98	10.73 a	22.6	27.8 c	Dl-Ye

Note. 1. Grain maturity: D; dough, Y; yellow, F; full, O; over, e; early, m; middle, and l; late.

2. a-c Data within each year followed by the same letters did not differ at the 5% probability level using Duncan's new multiple range test.

期間とくに登熟期間後半における乾物生産量の増大が重要であり、そのためには NAR と LAI を高く維持しなければならないとした。本試験では、密植によって栄養生長期間の TGR は増大したが、絹糸抽出期以後の TGR は密植ほど急速に低下したため、登熟期間後半の TGR は約 100,000 本/ha の最密植区が最小となった。また、LAI は全生育期間を通して密植区ほど大きかったが、NAR は登熟期間になると密植区ほど急速に低下した (第1図)。これらの結果から、登熟期間における密植区での TGR の急速な低下は NAR の低下によることが明らかとなった。さらに、この登熟期間において NAR が密植区ほど急速に低下する原因は、隣接個体間の相互遮蔽が激化し、SLA が低下して、葉の光合成能力が低下するためと考えられた (第2表)。第5図は登熟期間の TGR を最大にする最適 LAI について検討したものである。各年とも最適 LAI はほぼ 3.0 前後を示し、岩田<sup>6)</sup> や 田中ら<sup>16)</sup> が報告した値よりもかなり低い値であった。これは品種、土壌条件、栽植様式などの相違のほか、厳しい気象条件が NAR の低下を助長するためと考えられた。

登熟期間後半における EGR は 60,000~80,000 本/ha で最大となり、それ以上の密植になると低下

した。さらに、この密植による EGR の低下は低温年では低い密度区から生じる傾向が認められた (第2図)。また、収穫時における茎葉の乾物率は 60,000~80,000 本/ha 以上の密度になると高くなる傾向が認められた (第3図)。HUME ら<sup>5)</sup> は、光合成産物は絹糸抽出期後 2~3 週間の期間一時的に稈に蓄積された後、子実へ転流されるが、受精障害や子実の未発達が生じた場合には稈の蓄積物質は収穫期まで増加し続けることを報告している。また、WILLIAMS ら<sup>19)</sup> は、収穫期における稈の全糖含有率が密植ほど高くなることを報告している。このように、密植区では登熟期間後半における乾物生産量の減少とともに、光合成産物が茎葉に残留したまま雌穂への転流が阻害されるため、EGR は低下するものと推察された。さらに、光合成および転流は一般に低温によって著しく抑制されることや、78 年のような高温年では雌穂の発達が密植の影響をあまり受けていなかったことなどから、密植による EGR の低下は低温によって一層助長されるものと考えられる。

本試験で発生した不稔個体は大部分が受精後における子実の未発達によるものであり、完全な受精障害による不稔雌穂の発生はほとんどなかった。不稔個体の発現機構について、西川ら<sup>13)</sup> や岩田<sup>6)</sup> は、

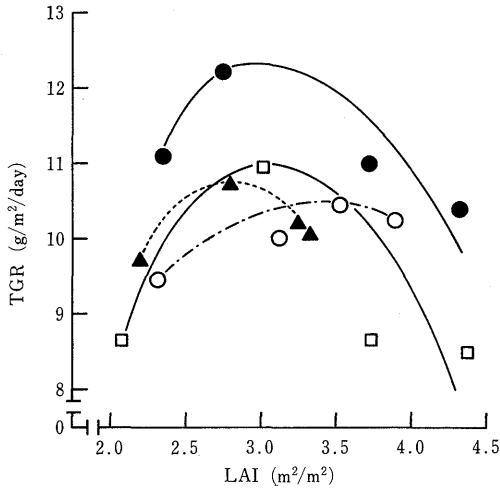


Fig. 5. Relationship between TGR during the ear-filling period and LAI at the 3 weeks after silking.

Symbols are the same as those in Fig. 2.

相互遮蔽による受光量の不足と葉の機能低下とによって光合成産物量が低下し、さらに転流障害も加わって雌穂の発育停止をきたし、不稔個体が発現されることを明らかにしている。本試験でも相互遮蔽と葉の光合成能力の低下が著しい密植ほど不稔個体の発生は顕著に増加した(第3表)。さらに、不稔個体の発生は登熟期間後半におけるNARの低下と密接に関係し、NARが $2.0 \text{ g/m}^2/\text{day}$ 以下に低下すると、不稔個体が20%以上の発生率に急増した(第4図)。

## 2. 栽植密度が収量および品質に及ぼす影響

乾物総重は各年とも密植ほど多収を示し、60,000本/ha以下の疎植では多収量が期待できない。収量構成要素別にみると、茎葉重は栄養生長期間の乾物生産量に支配されるため、密植ほど多収を示した。雌穂重は主に登熟期間後半の乾物生産量に支配されるため、60,000~80,000本/haの中庸な密度区が多収を示した(第3表)。最大乾物収量をもたらす最適栽植密度は、品種、気象条件、土壌肥沃度、施肥量、播種期や栽植様式など栽培条件によって異なる。ヨーロッパのような温暖な地方における最適栽植密度は、子実用が89,000本/ha、サイレージ用が110,000本/haであり、一般に地上部全体を利用するサイレージ用の方が子実用よりも高い最適栽植密度であることが知られている<sup>17)</sup>。しかし、サイレージ用の場合でも、最適栽植密度は雌穂重が収獲物全体の中で担う程度の差異によって変わるものと考え

えられ、雌穂重の担う重要性が高まるに伴って、雌穂重の生産に有利な栽植密度に近づくものと考えられる。すなわち、北限地帯では、登熟期間の気象条件が制約されるため、雌穂重はサイレージ用原料の収量と品質を支配しており<sup>7,8)</sup>、雌穂重の担う重要性は温暖な地方よりもはるかに高い。したがって、札幌など比較的温暖な地帯での最適栽植密度は100,000本/ha程度の比較的高い密度が報告されているが<sup>10)</sup>、北限地帯では雌穂重の生産に有利な栽植密度を選ぶ必要がある。

一方、サイレージ用原料としての品質を示す全収獲物の乾物率は、高い密度で低下する傾向がうかがえるものの、密度間差異は小さかった(第3表)。密度と全収獲物の乾物率との関係については、本試験結果と同様の結果が報告されているが<sup>12,14,18)</sup>、第3図から明らかなように、密植による雌穂乾物率の低下と茎葉乾物率の増大とが相殺されるため、全収獲物の乾物率の密度間差異は小さくなるものと考えられる。サイレージ用原料としての乾物率は25%以上が必要であることが一般に論じられているが<sup>2,4,11)</sup>、北限地帯において25%以上の乾物率を低温年に確保することは容易ではない(第1表、第3表)。したがって、子実の熟度が黄熟期に達し、雌穂重割合が高く、全収獲物の乾物率が高い良質なサイレージ用原料を確保するためには、雌穂重の増大をはかること、すなわち、登熟期間の乾物生産量を増大させることがとくに重要である。

登熟期間の乾物生産量を増大させるための最適LAIは3.0程度であった(第5図)。また、第1図で明らかなように、登熟期間に3.0程度のLAIを維持するための栽植密度は73,000本/ha程度の密度が必要かつ十分であった。このように、乾物生産特性から最も有利と判断された73,000本/ha程度の栽植密度は、雌穂重が最も多収となる栽植密度の範囲内にあり、収量性ならびに品質の両面から最も有利であると判断された。

## 摘 要

北限地帯におけるサイレージ用トウモロコシについて、栽植密度が乾物生産特性と収量に及ぼす影響を5年間にわたり調査した。供試品種はワセホマレである。栽植密度は1978年~80年が40,000~100,000本/ha、1981年と1982年が58,000~103,000本/haの範囲内で、各年とも4水準を設定した。

1. 栽植密度が TGR の経時的推移に及ぼす影響を検討したところ、栄養生長期間の TGR は密植区ほど大きかった。しかし、絹糸抽出期以降になると相互遮蔽の激化と葉の光合成能力の低下とによって NAR が低下し、TGR は密植区ほど急速に低下した。このため、登熟期間後半の TGR は約 100,000 本/ha の最密植区が最小となった。

2. 登熟期間の TGR を最大にする最適 LAI は各年ともほぼ 3.0 前後を示した。また、登熟期間に 3.0 程度の LAI を維持するために必要な栽植密度は 73,000 本/ha 程度であった。

3. 登熟期間後半における EGR は 60,000 ~ 80,000 本/ha で最大となり、それ以上の密植になると低下した。さらに、この密植による EGR の低下は低温で助長され、低温年ほど 80,000 本/ha 以下の低密度区でとくに低下した。

4. 不稔個体の発生は密植区ほど顕著に増加した。また、不稔個体は登熟期間後半の NAR が 2.0 g/m<sup>2</sup>/day 以下に低下すると 20% 以上の発生率となった。

5. 乾物茎葉重は密植ほど多収となり、乾物雌穂重は 60,000 ~ 80,000 本/ha の中庸な密度で多収となった。乾物総重は密植ほど多収を示し、60,000 本/ha 以下の疎植では低収となった。全収穫物の乾物率は密度間差異が小さかった。子実の熟度は密植ほど遅れ、雌穂重割合は密植ほど低下した。サイレージ用原料としての収量性と品質の両面から 70,000 ~ 75,000 本/ha 程度の栽植密度が最も有利と判断された。

謝辞：本試験の遂行に当たり、北海道立根釧農業試験場作物科関係諸氏には多大なご協力を頂いた。また、本報告を取りまとめるに当たり、北海道大学農学部食作物学研究室教授後藤寛治博士にはご校閲を賜った。ここに厚く感謝の意を表する。

#### 引用文献

1. ALLISON, J.C. 1969. Effect of plant population on the production and distribution of dry matter in maize. *Ann. Appl. Biol.* 78: 135-144.
2. DAYNARD, T.B. 1978. Practices affecting quality and preservation of whole-plant corn silage. *Can. J. Plant Sci.* 58: 651-659.

3. DAYNARD, T.B. and J.F. MULDOON 1981. Effects of plant density on the yield, maturity and grain content of whole-plant maize. *Can. J. plant Sci.* 61: 843-849.
4. GUNN, R.E. 1977. Breeding forage maize varieties for Britain. In *Maize in a Temperate Climate*. *Ann. Appl. Biol.* 87: 254-258.
5. HUME, D.J. and D.K. CAMPBELL 1972. Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. *Can. J. Plant Sci.* 52: 363-368.
6. 岩田文男 1973. トウモロコシの栽培理論とその実証に関する作物学的研究. *東北農試研報* 46: 63-129.
7. 吉良賢二 1981. 北限地帯におけるサイレージ用トウモロコシの生育および生産性に関する研究. 第1報 生育および収量に及ぼす播種期の影響. *日作紀* 50: 481-488.
8. ———— 1983. ————. 第2報 乾物生産特性と気象要因. *日作紀* 52: 190-199.
9. ———— 1985. ————. 第3報 初期生育が収量に及ぼす影響. *日作紀* 54: 47-53.
10. 窪田文武・植田精一 1981. 飼料用トウモロコシの栽培環境と生産性. III. 高密度栽培によるトウモロコシの生産力向上. *日草誌* 27: 182-189.
11. 櫛引英男 1979. 寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩性品種群の配合に関する研究. I. 早晩性品種群の経時的生産特性と地帯別の品種配合. *日草誌* 25: 128-135.
12. ———— 1979. ————. II. 早晩性品種群の収量および原料品質におよぼす栽植密度の影響. *日草誌* 25: 136-143.
13. 西川広栄・工藤 純 1973. トウモロコシの機械化栽培における不稔発現機構の解明に関する研究. *東北農試研報* 44: 51-91.
14. RUTGER, J.N. and L.V. CROWDER 1967. Effect of high plant density on silage and grain yields of six corn hybrids. *Crop Sci.* 7: 182-184.
15. 田中 明・山口淳一・藤田耕之輔 1969. トウモロコシの栄養生理学的研究. 第3報 窒素施与量および栽植密度が乾物生産の子実収量に与える影響. *土肥誌* 40: 498-503.
16. ———— 山神正弘・1970. ————. 第4報 栽植密度反応とその品種間差異. *土肥誌* 41: 363-368.
17. TILLY, G.E.D. 1977. The agronomy of maize in Britain. In *Maize in a Temperate Climate*. *Ann. Appl. Biol.* 87: 276-281.
18. WHITE, R.P. 1976. Effects of plant population on forage corn yields and maturity on Prince Edward Island. *Can. J. Plant Sci.* 56: 71-77.
19. WILLIAMS, W.A., R.S. LOOMIS, W.G. DUNCAN, A. DOVRAT and F. NUNEZ 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Sci.* 8: 303-308.



# Studies on the Growth and Productivity of Maize for Whole-Plant Silage in the North-Marginal Area, Nemuro District in Hokkaido

## IV. Effects of planting density on dry-matter accumulation habits and yield

Kenji KIRA and Kazue SHIRAI\*

(*Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment  
Station, Kun-neppu, Hokkaido 099-14,*

*\*Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment  
Station, Memuro, Hokkaido 082)*

### Summary

The objective of this study was to investigate the effects of planting density on the dry-matter (DM) production and yield of maize for whole-plant silage in the north-marginal area in Japan (where accumulated temperature from June to September is 1946°C). Experiments were conducted for 5 years from 1978 to 1982, based on the same design. Wase-homare (early hybrid) was grown at four planting densities from 40,000 to 100,000 plants/ha in 1978~1980 and from 58,000 to 103,000 plants/ha in 1981 and 1982 (Table 1). DM weights in each organ and leaf area were measured at the 4th-, 7th-, 11th-leaf fully developed stages, silking stage, and, 3 and 6 weeks after silking. DM yields and percentage of barren plants were measured at harvesting date.

The results obtained were as follows:

1. As planting density increased, top growth rates (TGR) during the vegetative growth period were increased. Contrarily, TGR during the ear-filling period were decreased rapidly, resulted in the minimum at the highest planting density of about 100,000 plants/ha during the latter half of the ear-filling period (Fig. 1). It was due to rapid decrease of net assimilation rates (NAR) during the ear-filling period in high planting density causing increase of mutual shading and specific leaf area (SLA) (Table 2).

2. The optimum leaf area index (LAI), under which maximum TGR obtained, during the ear-filling period, was about 3.0 in all the years (Fig. 5). The planting density which gave the optimum LAI of about 3.0 during the ear-filling period was obtained at the planting density of 73,000 plants/ha (Fig. 1).

3. The maximum ear growth rates (EGR) during the latter half of the ear-filling period were obtained at 60,000~80,000 plants/ha, and EGR decreased at the higher planting density than the above. Furthermore, the declines of EGR at the higher planting density were promoted in the cold years of 1980 and 1981 (Fig. 2).

4. The incidence of barren plant was obviously increased with increasing planting density (Table 2). It reached above 20% as NAR during the latter half of the ear-filling period decreased below 2.0g/m<sup>2</sup>/day (Fig. 4).

5. Although the highest ear DM yields were obtained at the medium planting density as 60,000~80,000 plants/ha, stover DM yields and total DM yields increased with increasing planting density. Percentage of dry-matter in whole-plant did not differ significantly among planting densities in most years. Ear/Total ratio was decreased and maturity was delayed with increasing planting density (Table 3).

6. It was concluded that the optimum planting density was about 70,000~75,000 plants/ha for high yield and high quality of maize for whole-plant silage in the north-marginal area.