

### 第三章 栽培法の改善に関する研究

寒地におけるサイレージ用トウモロコシの高栄養価原料の安定多収を図るために、前章で明らかにした栽培法の問題点を具体的に解決する研究を行った。

#### 第1節 播種時期試験

寒地において作物の生育進展を効果的に図る栽培技術の1つとして早期播種が考えられる。早期播種の可能性を決定づける主要因には、生育収量に対する反応およびこれを制約する気象条件として、晩霜害と地温または気温の影響が考えられる。本節はこれら2つの要因を検討することにより、寒地における早期播種の実用性を解明しようとするものである。

前者の播種時期の違いによる生育収量に対する反応については、本邦においては本州以南における知見<sup>90, 198, 201)</sup>が一般的になっている<sup>168, 199)</sup>。しかし、寒地における播種時期反応は1965年に北海道農業試験会議に提案され指導参考事項となった「冷害年次におけるとうもろこしの播種期試験成績」があり<sup>190)</sup>、この資料には上記と異なる知見が示されている。著者もこの試験担当者の一員であったので、この成績を基礎にして、その後得られたデータから早期播種の実用性の解明を試みた。

また、作物の播種時期反応を制約する主条件としての晩霜害の影響については、著者らの報告があり<sup>98)</sup>、ここではこの成績を含めて、晩霜害の影響を検討した。また、地温については10℃以上、日平均気温については12.5℃以上の時点で播種すべきであるとするのが、一般的な概念となっている<sup>7, 35, 143)</sup>。しかし、この概念は後述の第四章第1節および第五章第1節で詳述するように、寒地においては必ずしも気象条件の制約要因となりえないと考えられるので、

本節においては特に触れることはしなかった。

本節では、1. 播種期の違いが生育および収量に及ぼす影響、および2. 晩霜被害に関する試験および調査の成績を基礎として、早期播種の実用性を総合的に考察する。

#### 1. 播種期の違いが生育収量および倒伏に及ぼす影響

##### (1) 試験方法

試験はいずれも十勝農試(芽室)で行われた。試験方法は表Ⅲ-1の通りである。栽培および管理は十勝農試の標準耕種法によった。試験の行われた年次のうち、1963年は気象的に良好年であり、1964年と1965年は不良年である。また、1978年は倒伏発生が著しかったが、1979年は少ない年次であった。

なお、供試品種のうち、「交4号」は早生品種に属し、その種子の千粒重は350~400gと重い。これに対し「交6号」および「交506号」は晩生品種に属し、その種子の千粒重は300g内外である。

##### (2) 試験結果

この試験は前述のように3ヶ年に亘って行われたものであるが、ここでは主に気象条件の良好だった1963年と不良だった1964年を対比して報告する。なお、1964年と1965年には供試品種の異なる2組の試験を行った。

図Ⅲ-1は、播種時期の差が初期生育に及ぼす影響をみたものである。

同図(a)の乾物重を「交4号」についてみると、1963年にはそれぞれの調査時において播種時期の早いものの乾物重が大で、7月6日における早播の乾物重は標準播および晩播の約2

表Ⅲ-1 試験方法の概略-1

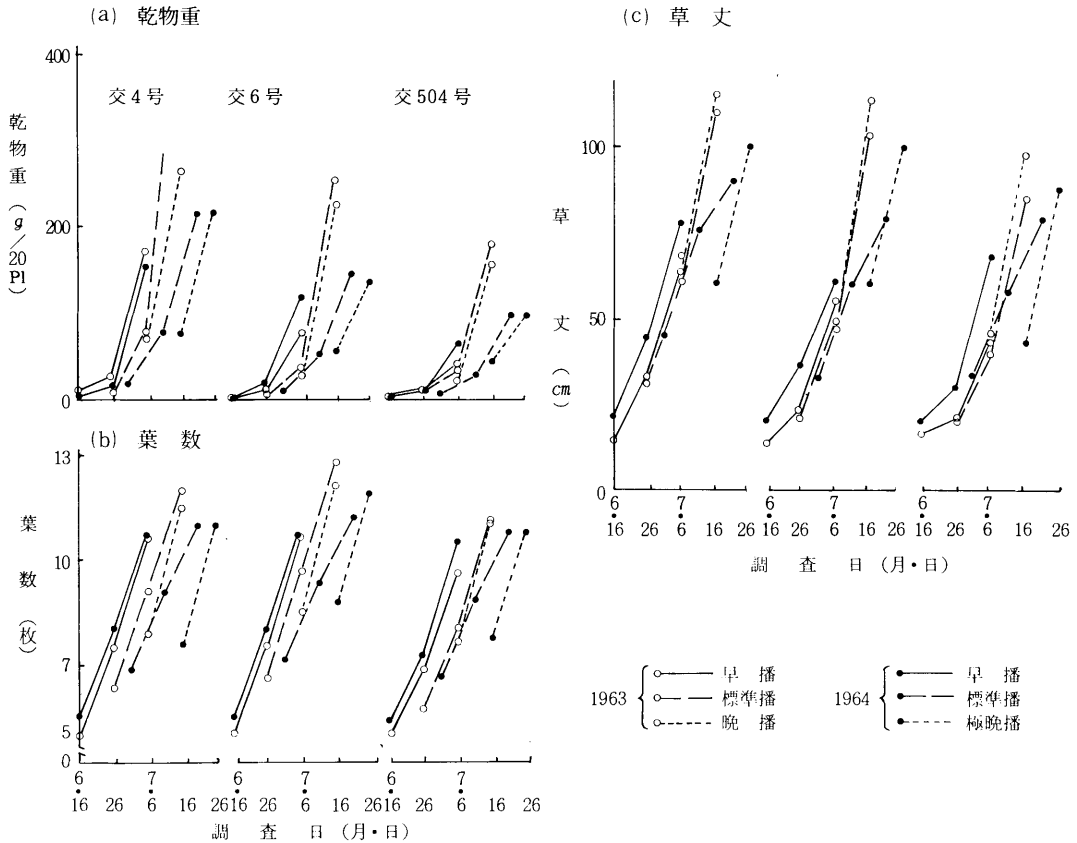
調査事項	年次	播種時期 (月・日)	刈取期 (月・日)	品種数	試験配置	栽培法
生育 および 収量	1963	早・5. 7 標・5. 17 晩・5. 27	9. 28	早生, 1 晩生, 2	分割区法 3 反復	施肥量 N : 16kg/10a P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 20 K <sub>2</sub> O : 10 MgO: 5 栽植密度 4, 444 株/10 a 1 株 1 本立ち
	1964	早・5. 7 標・5. 22 極晩・6. 6	10. 7	同上	同上	
	1965	早・5. 8 標・5. 22 極晩・6. 7	10. 2	同上	同上	
収量	1964	早・5. 7 標・5. 17 晩・5. 27 極晩・6. 6	10. 7	早生, 4 晩生, 3	同上	施肥量 N : 9 kg/10a P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 12 K <sub>2</sub> O : 6 MgO: 3 栽植密度 4, 444 株/10 a 1 株 1 本立ち
	1965	早・5. 7 標・5. 17 晩・5. 27 極晩・6. 6	10. 4	同上	同上	
倒伏	1978	早・5. 11 標・5. 23 晩・5. 31 極晩・6. 23	—	早生, 3 中生, 3 晩生, 2	同上	施肥量 N : 12kg/10a P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : 15 K <sub>2</sub> O : 10 MgO: 4 栽植密度 4, 444 株/10 a 1 株 1 本立ち
	1979	早・5. 11 標・5. 20 晩・5. 31 極晩・6. 20	—	同上	同上	

倍に達した。1964年における各時期の乾物重は各播種期ともに1963年より小さい値であるが、早播の乾物重は標準播および極晩播より大であった。「交6号」および「交504号」の乾物重はいずれの年次の調査時期においても「交4号」より低く、良好年(1963年)におけるこれら両品種の値は冷害年(1964年)なみとなった。また、1963年における「交504号」の値は同年の「交4号」の半分にすぎなかった。しかし、播

種時期の遅れに伴って乾物重が低下するという点で、両品種の播種時期反応は「交4号」のそれと同じであった。

(b)の葉数の推移をみると、いずれの品種および年次においても、早播の葉数は標準播、晩播および極晩播のそれより進み、前記乾物重と類似した推移を示した。

(c)は、草丈について示したものであるが、早播の草丈は標準播および極晩播より高い値を



図Ⅲ-1 初期生育に及ぼす播種時期の影響

示したが、その差は小さく、7月6日調査時の差は10cm以内であった。

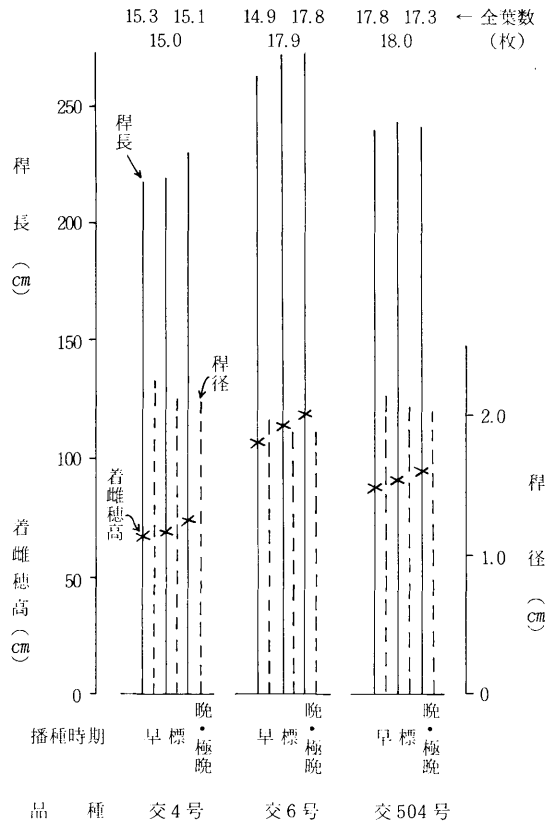
図Ⅲ-2は刈取時における稈の形態を示したものである。「交4号」についてみると、播種期の遅れに伴って稈長および着雌穂高は大きく、稈径は細くなる傾向にあった。同様に「交6号」の稈の諸形質は「交4号」とほぼ似たような傾向を示した。「交504号」の稈径は前記2品種と同様の傾向を示したが、稈長および着雌穂高の差は小さかった。

図Ⅲ-3は、播種時期の違いが生育の推移に及ぼす影響をみたものである。3品種の播種時期に対する生育時期の推移の反応は同じように示された。すなわち、早播の播種時期は標準播および晩・極晩播よりもそれぞれ13日および26日早い、発芽期ではそれぞれ約10日および23日、また絹糸抽出期(抽糸期)では5日および

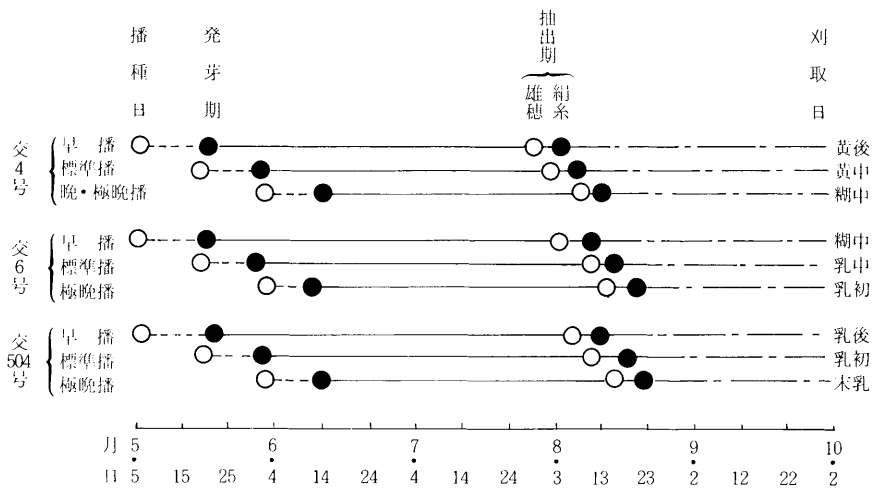
10日早まったにすぎなかった。また、「交4号」の早播の熟度は黄熟後期となったが、標準播および晩・極晩播ではそれぞれ黄熟中期および糊熟中期と遅れた。「交6号」および「交504号」においてもほぼ同様の傾向が示され、いずれも早播きの熟度は進んだ。

図Ⅲ-4は乾物収量および千粒重について示したものである。「交4号」についてみると、早播の10a当り乾物収量は標準播よりも10%、また晩・極晩播よりも20%の多収となった。同様に早播の子実収量は標準播より15%、晩・極晩播よりも約50%多収となった。また、早播および標準播の子実重歩合は50%となったが、晩・極晩播では40%と低下した。播種時期に対する千粒重の反応は子実重のそれと類似の傾向を示した。

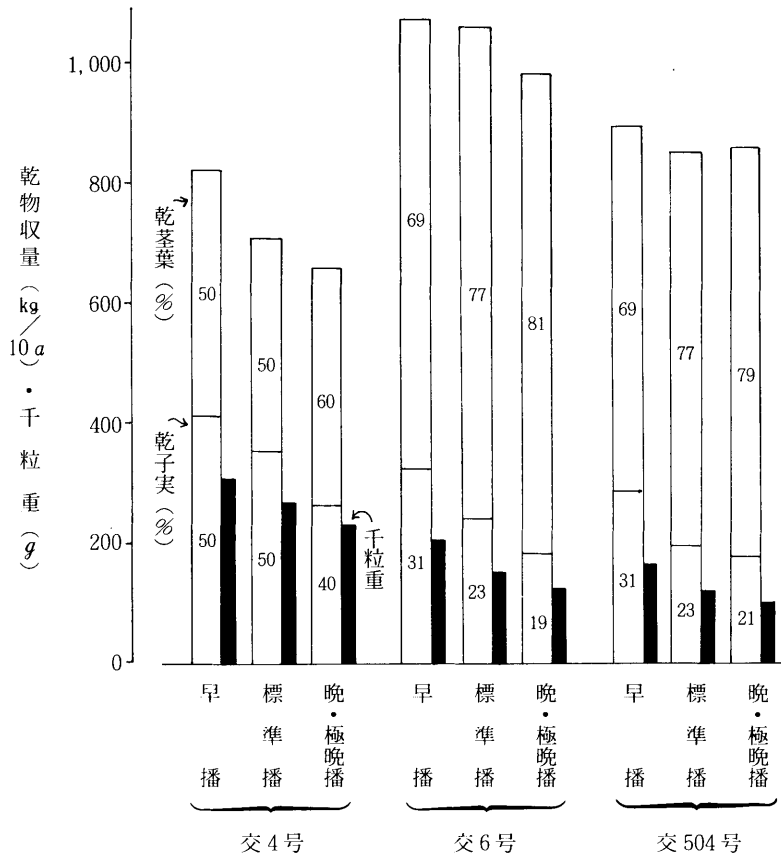
「交6号」および「交504号」の収量および



図III-2 稈の形態に及ぼす播種時期の影響 (1963~1965年の平均)



図III-3 生育期に及ぼす播種時期の影響 (1963~1965年の平均)



図Ⅲ-4 乾物重および千粒重に及ぼす播種時期の影響  
(1963~1965年の平均)

千粒重の推移は、傾向としては「交4号」の場合と同じであるが、早播による収量の増加は顕著でなかった。また、両品種における子実重歩合は早播でも31%、晩・極晩では20%内外と低かった。

図Ⅲ-5は多数の早晩性品種における播種時期の相違が収量に及ぼす影響をみたものである。また、表Ⅲ-2-aは、図Ⅲ-5における播種時期別収量を品種群ごとに整理したものであり、表Ⅲ-2-bは図Ⅲ-5における乾物収量について分散分析したものである。これらの図および表から、品種群ごとの反応をみると次のような結果となった。

早生品種群についてみると、いずれの年次においても乾物重、子実重および子実重歩合は播

種時期が早いほど高い値を示した。また、1965年の値は1964年におけるより高く、播種時期の遅れに伴う子実重歩合の低下は特に極不良年の1964年において著しかった。

晩生・極晩生品種における反応は早生品種とほぼ同様の傾向を示したが、冷害年の1964年においては子実の登熟がほとんどみられないため、乾物重の播種時期の相違に伴う実質的な変化は少なかった。

表Ⅲ-3は播種時期の相違が倒伏の発生割合に及ぼす影響をみたものである。2ヶ年ともに、播種時期の遅れによる倒伏個体割合の著しい増加が認められた。また、倒伏発生個体割合は明らかに品種間で異なる傾向にあった。

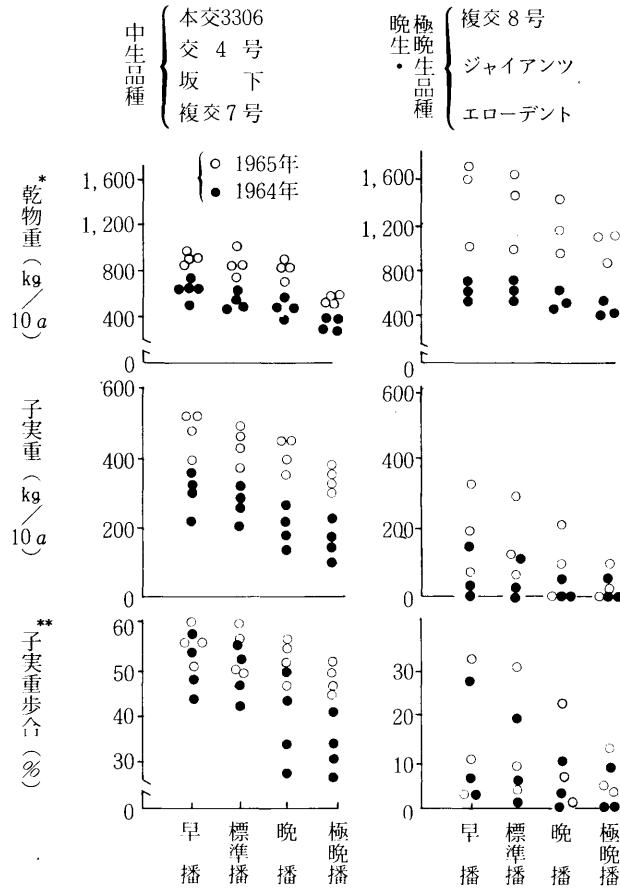


図 III - 5 早晩性品種群において乾物収量に及ぼす播種時期の影響

注：\* は穂芯を除いた茎葉，穂芯，包皮および子実重の合計。

\*\* は乾物重\* 対子実重比。

表 III - 2 - a 乾物収量の播種時期別平均値 (kg/10a)

播種期	早生品種 (4品種平均)			晩生・極晩生品種 (3品種平均)		
	1964	1965	平均	1964	1965	平均
早	619	847	733	544	1,400	972
標	575	825	700	467	1,336	901
晩	548	832	690	455	1,176	815
極晩	524	674	599	458	1,037	747

表Ⅲ-2-b 乾物収量の分散分析表 (kg/10a)

要因	早生品種				晩生・極晩生品種			
	自由度	平方和	平均平方	F	自由度	平方和	平均平方	F
全体	31	599,871.50			23	4,330,746.96		
年次 Y	1	415,872.00	415,872.00	218.23**	1	3,436,023.37	3,436,023.37	454.11**
播種期 P	3	79,712.25	26,570.75	13.94**	3	173,708.79	57,902.93	7.65*
品種 V	3	45,169.50	15,056.50	7.90**	2	386,216.00	193,108.00	25.52**
YP	3	19,498.75	6,499.58	3.41 <sup>NS</sup>	3	83,196.80	27,732.27	3.67 <sup>NS</sup>
YV	3	14,653.00	4,884.33	2.56 <sup>NS</sup>	2	150,403.59	75,201.80	9.94*
PV	9	7,815.75	868.42	< 1	6	55,799.67	9,299.95	1.23 <sup>NS</sup>
誤差	9	17,150.25	1,905.58		6	45,398.74	7,566.46	

表Ⅲ-3 多数品種における播種時期別の倒伏個体割合 (%)

年次	播種期	ワホマセ	ヘイゲンセ	C 535	ホクユウ	Jx 844	P 3853	P 3715	Jx 188	平均
1978	早播	8.3	11.7	30.0	73.3	26.7	26.7	6.7	5.0	23.6
	標準播	10.0	28.3	23.3	76.7	33.3	33.3	3.3	10.0	27.3
	晩播	15.0	23.3	33.3	86.7	25.0	63.3	15.0	15.0	34.6
	極晩播	33.3	56.7	60.0	93.3	50.0	60.0	18.3	30.0	50.2
1979	早播	0	0	0	0.4	0	0	0	0	0.1
	標準播	0	0	0.4	1.3	1.4	0	0.8	0	0.5
	晩播	0.4	2.2	1.7	9.2	7.5	2.6	0.4	3.5	3.4
	極晩播	1.8	7.0	14.0	32.0	18.4	22.8	0.8	3.9	12.6

## 2. 晩霜被害、覆土深および播種時期の関係

### (1) 試験方法

晩霜による被害は、多くの事例から被害部分における物理的障害が主であると判断された。そこで、晩霜被害を物理的障害としてとらえ、この障害を想定した稚苗の剪葉による影響を播種時期との関連で検討した。これは十勝農試の標準栽培法による圃場試験であり、施肥は施肥機により、播種は手によった。また、覆土はレーキにより3~4cmとした。供試品種は早生の単交雑「W49×WH」と晩生の3系交雑「W573」を用いた。前者の全出葉数は14.0枚であり、

また後者では19.5枚である。試験方法は表Ⅲ-4に示した通りである。剪葉は手鋏により同表に示す時期に行った。剪葉位置は稚苗を真直に伸ばした草丈を10とし、地表から10分の5(5/10)および10分の9(9/10)の位置を水平に剪った。試験の行われた1973年は気象的にはほぼ平年並であり、また病害および倒伏などの発生もほとんどみられなかった。

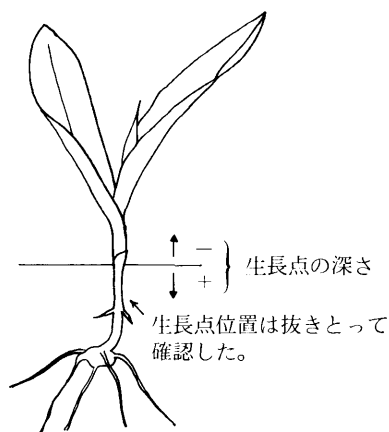
次に、上の実験から、地表からの生長点の深さと被害個体の生長回復には関連のあることが推測されたので、覆土深と生長点の関係をみた。

覆土深と生長点の深さは木製の植箱(縦45cm×横150cm×深さ15cm)を利用して得た。また、採種した作土の畑土壌とパーミキュライトを容

表Ⅲ-4 試験方法の概略-2

区 別		試験区配置と栽培法
播種期	剪 葉 処 理 剪 葉 日	
5月11日	草丈の9/10 } 草丈の5/10 } 5月29日, 6月2日, 6日, 12日, 21日	乱塊法 3反復 1区面積 6.7~13.5 m <sup>2</sup> 栽植密度 5,555本/10a N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O : MgO = 12 : 15 : 10 : 4 kg/10a
"		
"	無 処 理	
5月25日	無 処 理	
6月20日	無 処 理	

量で等量混合し、これを上記の植箱に傾斜させて詰めた。次に傾斜面に播種して、覆土は表面が水平になるように行い、これにより覆土深の差が生じるようにした。これを常温下のガラス室におき、播種後12日および32日目にその生長点の深さを調査した。供試品種は剪葉試験と同じである。生長点は肉眼により判定し、図Ⅲ-6のように地表位置から地下部への生長点の深さ



図Ⅲ-6 生長点の深さの測り方

を測定した。また、同様の方法で1963年に「ワセホマレ」を用い、覆土深と地下部の栄養体重を測定した。そして、次にのべる実際の降霜害調査により、覆土深の役割を確認しようとした。

1973年6月12日に十勝地方の上士幌、鹿追などの大雪山系の山麓4ヶ町村に晩霜がみられた。トウモロコシの被害面積は約300haである。降

霜後の回復は期待できないと判断され再播した農家もあったが、残された農家のうち上士幌町萩が丘酪進の津田潤氏(品種、P3715)と鹿追町瓜幕農友の遠藤秀雄氏(品種、P3620)の圃場を7月3日に生育調査すると共に、稚苗を採取して覆土深と被害回復との関係を調査した。

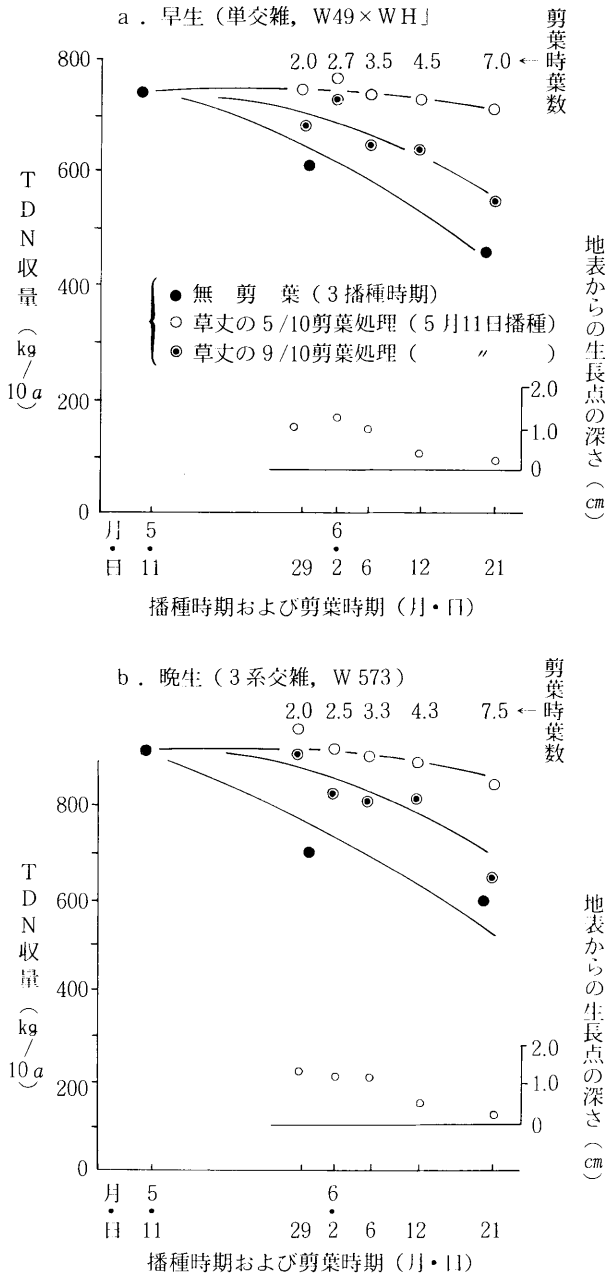
## (2) 試験結果

図Ⅲ-7は早晩性2品種における剪葉程度と時期および播種時期の差が、10a当りTDN収量に及ぼす影響をみたものである。TDN収量の計算は新得方式によるものである<sup>75)</sup>。

「W49×WH」についてみると、草丈5/10剪葉のTDN収量は5月末の処理までは減収傾向が認められなかったが、7.0葉期の6月21日処理でも僅かな減収傾向に留った。草丈9/10剪葉のTDN収量は、2.0葉期の5月29日処理で減収傾向が認められ、以後処理時期の遅れに伴って減収は急激となった。なお、ここで6月21日処理による減収には、剪葉後回復せず、個体が枯死した分も含まれる。播種時期の遅れによるTDN収量の低下は著しく、同時期の剪葉処理による低下よりも常に著しかった。

同図のそれぞれの右下には、剪葉時における生長点の深さと、同剪葉処理による収量への影響を示した。3.5葉期までの生長点の深さは約1.0cmである。この時点まで草丈5/10剪葉による減収はほとんどみられなかった。4.5葉期における生長点の深さは約0.5cmであり、また

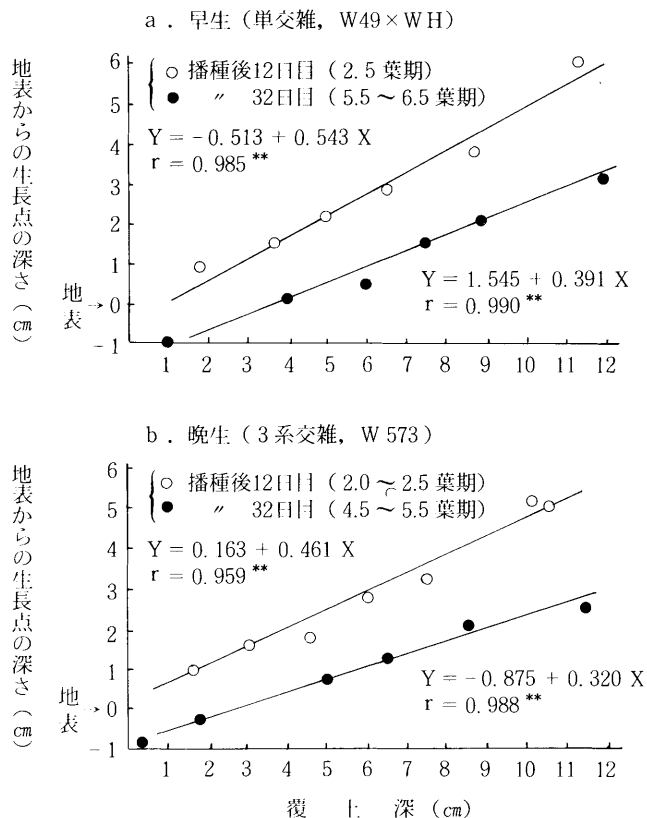




図Ⅲ-7 播種時期別および剪葉処理とTDN収量

7.0 葉期のそれは約 2.0 cm であった。これらの時期におけるTDN収量の剪葉による減収は草丈 5/10剪葉では極く少ないが、草丈 9/10剪葉で20%内外となった。晩生の「W573」についてみても、ほぼ「W49×WH」と同様の傾向を

示した。すなわち、3.3 葉期の生長点の深さは約 1.0 cm で、この時期における両剪葉処理のTDN収量は僅かな減収傾向を示したにすぎなかったが、以後、剪葉によるTDN収量の減収は漸次増加した。7.5 葉期の生長点は約 0.2 cm と



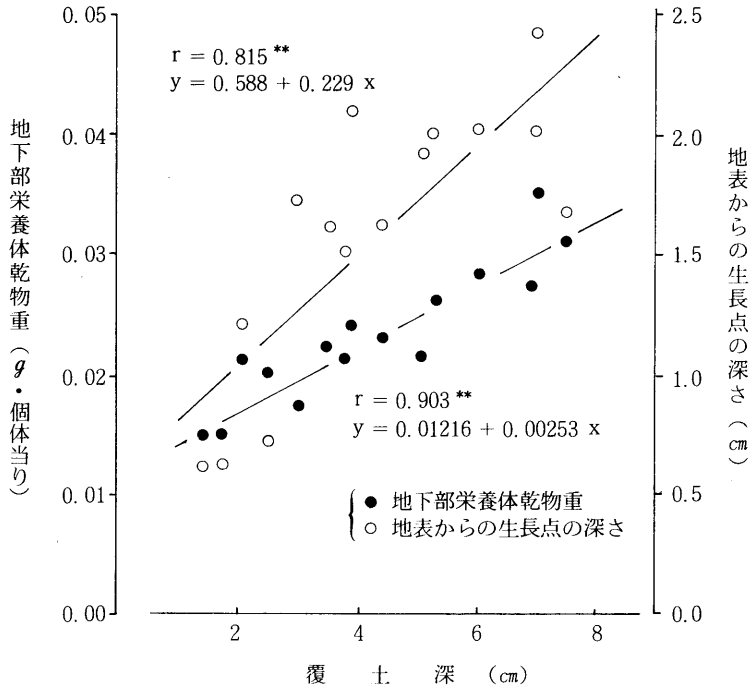
図Ⅲ-8 覆土深と生長点の深さ

り、この時期の剪葉による減収は葉齢の少ない時期における剪葉よりも減収の程度が増加した。しかし、いずれの処理においてもそのTDN収量は播種期を遅らせた場合よりも多かった。

図Ⅲ-8は覆土深の差による生長点の深さをみたものである。両品種ともに、いずれの時期においても覆土深と生長点の深さの間には正の直線関係が示された。「W49×WH」の播種後12日目にける生長点の深さは、いずれの覆土深においても地表面より上に出ることはない。この時期に、生長点の深さが1.0 cm以上となる覆土深は3.0 cm以上であった。また、32日目にける、生長点の深さ1.0 cmおよび0.3 cmとなる覆土深はそれぞれ6.5および3.0 cm以上となった。「W 573」の場合においても、ほぼ「W49×WH」と同様である。また、図Ⅲ-9においては、覆土深と地下部の栄養体乾物重および

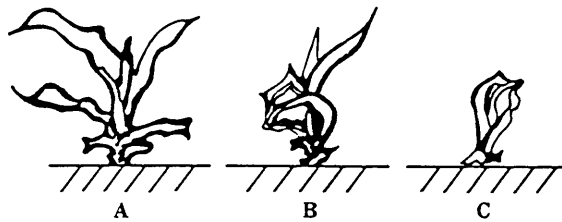
生長点の深さとの間には共に有意水準の高い正の相関関係が認められた。

次に、実際の晩霜被害の圃場調査の結果について述べる。上土幌における降霜時(6月12日)の出葉数は3~4葉期、整地は不十分であり、そして覆土深は個体により区々であった。圃場の3/5の個体は草丈の8/10が被害を受けたと推定された。降霜後の21日目に、立毛中の個体を図Ⅲ-10のように、「A」、「B」および「C」に区分し調査した。「A」は被害後の回復が極く良好なものであり、「B」は中位、また「C」は不良なものとした。調査は区分された個体ごとに、生育の程度および覆土深について行った。その結果、各区分の個体平均の生育および覆土深は表Ⅲ-5のようになった。区分「A」、「B」および「C」の間には明らかな生育量の差がみられた。「A」および「B」の覆土深は



図Ⅲ-9 覆土深と地下部栄養体乾物重および地表からの生長点の深さとの関係

注：1. 地下部栄養体の種子より上部における芽生の地下部分を示す。  
 2. 4葉期の調査。



図Ⅲ-10 降霜後の生育程度区分 (上土幌)

表Ⅲ-5 降霜後の生育程度と覆土深 (上土幌)

生育程度	草丈 cm	葉数 枚	乾物重 g/Pl	覆土深 cm	被害葉位 枚
A	36.9 ± 4.9	7.6 ± 0.2	1.3 ± 0.3	2.7 ± 0.7	3.0 ± 0.6
B	30.9 ± 3.1	6.9 ± 0.5	0.7 ± 0.1	3.2 ± 0.5	3.2 ± 0.3
C	19.4 ± 3.5	6.0 ± 0.8	0.3 ± 0.1	1.1 ± 0.5	3.0 ± 0.4

2.7 ± 0.7 cm および 3.2 ± 0.5 cm であったが、「C」のそれは 1.1 ± 0.5 cm と浅かった。鹿追における降霜時の被害は、全個体の地上部がほぼ完全に枯死した状態であった。表Ⅲ-6は、降霜後の21日目に圃場の平均的な生育状態にあ

表Ⅲ-6 連続10畦の降霜被害枯死個体の発生(鹿追)

	平均値	標準偏差
全個体数(本)	30.0	0
枯死個体数(本)	6.4	11.5
〃(本)	23.6	9.5
欠株率(%)	14.1	6.9

注：1株は1本または2本立てである。

る位置において、連続10畦、各畦30個体を調査した結果である。枯死個体はいずれも生長点が被害をうけており、その個体は30個体当り平均6.4個体であったが、2本立があるために、欠株率は14.1%に留った。この圃場は播種後に鎮圧されていたが、畦間で覆土深の差が大きかった。そこで枯死個体発生程度によって畦を区分し、各20個体を調査した結果、枯死個体100%の畦の覆土深は1.00 ± 0.31 cm、20~30%および0%の畦の場合はそれぞれ2.20 ± 0.48 および2.10 ± 0.31 cmであった。

### 3. 考 察

生育初期における早播の乾物重および葉数は標準播、晩播および極晩播のそれより常に大きな値を示した。これらの結果は、1957年にすでに発表されたもの<sup>90)</sup>とほぼ符合する。しかし、播種期の相違には草丈の差は小さく、標準播と晩播で逆転することもあった。これらのことは、生育初期における早播の乾物重増加には出葉の進展が大きく寄与していることを示すと共に、早播した個体の頑健な生育を示すものであろう。また、刈取時における稈の形態をみると、播種期の相違により全葉数(発生数)には差はないが、

早播の着雌穂高は低く、稈径は逆に太い傾向を示している。このような草姿の違いによって、早播は播種時期の遅れた場合よりも倒伏個体は少ない。これらを考慮すれば、早播のトウモロコシは生育初期だけでなく、刈取時に至る後半においても頑健な生育を示しているといえる。

播種時期反応とは別に、初期生育には品種の差が大きく示された。このことは、春季の気象不良条件地帯における品種選抜の適正によって初期生育が改良されうる可能性を示している。

播種時期が生育相に及ぼす影響で特徴的なのは、まず早播の発芽および絹糸抽出が標準播以降の播種期のものに比し早いことと、熟度がより進むことである。これは第V章第1節で述べるように、トウモロコシの生育相が積算温度の多少によって移行していくことから、各々の生育相を達成するのに必要な積算温度を得るのが早播ほど早いことによるものである。第2の特徴は、各播種期の間における発芽期の差が約10日であるのに対し、絹糸抽出期では4~5日と発芽期の差の約半分となったことである。これは、発芽前の日平均気温が約10℃であるのに、絹糸抽出前では約20℃<sup>193)</sup>となって発芽前の約2倍となっていることを考慮すれば理解される。

早播の乾物重増加は子実重または雌穂重の増加によることところが大きい。トウモロコシは感温性が高いので、早播では絹糸抽出が早まり、登熟期間が長くなって、これによって子実重の増加がもたらされるものと考えられる。これは早播の千粒重の大きいことから理解される。

また、早播における子実重歩合は播種期の遅れたものよりも大きい。このことは、子実のもつ飼料価値が茎葉よりも著しく大きいので、早播した原料の品質が優れていることにつながっている。本節においては、乾総重中に約1割を占めると思われる穂芯重は含まれていないので、原料としての正確な評価はできないが、播種時期の差による原料の栄養収量と品質をみるためにTDNの算定を試みた。そこで、表Ⅲ-7は1978年のNRC<sup>185)</sup>の基準に準拠して算定したも

表Ⅲ-7 播種時期がサイレージ原料生産と品質に及ぼす影響

区 別		乾 物 重*	T D N 収 量*	乾物中 T D N
		%	%	%
交 4 号	早 播	100	100	74
	標 準 播	87	86	73
	晩 播	80	77	70
交 6 号	早 播	100	100	68
	標 準 播	99	96	66
	晩 播	92	75	65
交 504 号	早 播	100	100	68
	標 準 播	96	92	66
	晩 播	97	92	65

注：1. \*は早播の値を100とした指数。

2. 乾物重, TDN収量には, 穂芯分は含まれていない。

のである。各播種時期の乾物重およびTDN収量の数値は早播を100としてその指数で示した。すなわち, 早播の増収効果は乾物収量よりもTDN収量に顕著に示されている。また, 早播の乾物中TDNは, 標準, 晩播および極晩播よりも2~4%高く, この値は原料の品質を評価する上でかなり大きな値である。これらの栄養収量と原料の品質の差は, ほとんどが子実重の多収によって左右されたものである。

早播に伴う霜の被害を考える場合, それを避けるために播種を遅らすと, 収量および品質がともに低下することは前項で明らかにした。従って, 寒地においては早播効果の高いことは疑いのないことと考える。

寒地において, トウモロコシの播種期を決定する一般的な要因としてとり上げられてきたものに, 次の2点がある。1つは, 地温が10℃または日平均気温が12.5℃地点に至っているかであり<sup>7, 35, 143)</sup>, 他は晩霜に遭遇するかどうかである<sup>7)</sup>。

前者については, 低温による不発芽や発芽不良による欠株の発生を考慮したものである。しかし, 種子自体は10℃以下で発芽し, 殺菌剤の種子粉衣によって低温下発芽でも20~25日間

は種子の発芽力が保持され(第IV章第1節), また圃場の発芽には150~200℃の日平均気温の積算温度で十分である(第V章第1節)。また北海道においては, トラクタにより整地播種して, 20日間で日平均気温が200℃の得られない地域はないと考えられる。これらのことを考慮すれば, 寒地において温度条件から直接播種期を制限する理由はかなりうすいと考えられる。

もう1つの要因である晩霜害は, 個体が枯死する原因となることと, 枯死しないまでも被害個体は播種期を遅らせるよりも減収するとも考えられるからであろう。播種時期が晩霜害に遭わないように決定されなければならないとする考えは<sup>143)</sup>, 1960年代半ばまで一般的であったと思われる。しかしながら, 本節の実験により覆土が2~3cm内外の一定の厚さにあれば, 晩霜被害後の稚苗の生育回復は実質的に可能であることが明らかにされた。

晩霜被害の回復に2~3cm内外の覆土の厚さが必要とされる理由には2つのことが考えられる。第1の理由は生長点が被害を受けなくて個体が枯死に至らないからであり, 第2の理由は被害後の生育回復に必要な生存部分をできるだけ多く確保するということである。生長点被害

は致命的である。本節における実験で、生長点が地表近くになった時点の草丈9/10剪葉では枯死個体がみられた。実際の農家圃場における枯死個体の覆土深は1 cm前後と浅く、枯死個体の生長点は被害を受けていた。降霜時の葉数が3~4枚であることから、この時の生長点の深さは、図Ⅲ-8より地際前後にあると推定される。これらのことから、農家圃場における枯死個体の発生は生長点が地表近くに位置していたために晩霜被害をうけたものと推察される。

覆土深の深いことが地下部の残存部分の多くなることにつながることは、図Ⅲ-9により明らかである。被害後の生育を回復するためには、生存部分をできるだけ多く確保することが重要であり、本実験では残存部分を多くする草丈5/10剪葉は、残存部分を少なくした草丈9/10剪葉よりも減収程度が小さかった。

図Ⅲ-7において、草丈5/10剪葉によってTDN収量の減収がみえはじめた処理時期の稚苗の生育は3.3~3.5葉である。この時期の草丈9/10剪葉による減収は無処理の約10%であり、本実験後に発表されたCloningerら(1974)<sup>20)</sup>の報告もほぼ同様の結果を得ている。そして、この時期の生長点の深さは約1.0 cmである。霜害による減収を上記の程度に留める生長点の深さを約1.0 cmと仮定し、必要な覆土深を図Ⅲ-7から推定すれば、2.0~2.5葉期の晩霜害では2~3 cm以上、また5.0~7.0葉期では6~7 cm以上となる。実際には、晩霜害の危険な時期は5月一杯、遅くとも6月初めである。この時に葉数が6枚以上となる地帯は極く少なく、従って多くの場合には覆土を2~3 cm前後とすれば、晩霜被害は最少限に抑えることができると思われる。

#### 4. 摘 要

寒地における播種期決定の要因として、播種時期の差による生育収量反応と晩霜害の影響を検討した。

1. 早播による個体は播種期の遅れたものに比し、同一暦日下では初期生育が良好であった。また、絹糸抽出期および登熟は早まり、雌穂または子実の登熟が旺盛となって、高栄養価のホールクロップ原料の多収が得られた。
2. 早播により個体の着雌穂高は低く、稈は太くなって頑健な生育を示し、倒伏は著しく減少した。
3. 生育初期に剪葉したホールクロップのTDN収量は生育の進んだ時点におけるよりも高かった。また、草丈の5/10剪葉のTDN収量は9/10剪葉よりも高かった。しかし、これらのいずれの場合も播種期を遅らせた場合よりは多収を示し、TDN収量も多かった。
4. 生長点の深さと覆土深の関係は正の直線回帰により示され、また生長点の深さは稚苗の生育に伴って地表面に移動した。
5. 約2.5葉期において、稚苗の生長点の深さを1.0 cmに確保するための覆土深は2~3 cm、また5~7葉期においては6~7 cm以上が必要と推察された。降霜害をうけた2戸の農家圃場を調査したところ、1 cm前後に覆土された畦では生長点が被害を受けて枯死した個体が多く、被害後の生育も不良であった。また、3 cm前後に覆土された畦では、個死枯体がほとんどなく、被害後の生育も良好であった。
6. 播種期決定の2要因における以上の結果から、寒地における播種時期には覆土深を2~3 cm内外とすることにより、実質的に晩霜害を回避することができるので、これにより早播が実用的な技術として成立することを明らかにした。

## 第2節 栽植密度試験

作物の収量を増大しようとする場合、栽培技術の面では、一般的に栽植密度は施肥法と共に最も基本的な栽培要因の一つとして位置づけられる。

岩田<sup>80)</sup>は、多収に対し栽植密度の水準が土壌肥沃度と高い正の相互作用が存在することを明

らかにした。この土壤肥沃度を施肥量におき換えても、栽植密度との間には同じような交互作用の成り立つことが認められている<sup>191)</sup>。しかし、栽植密度を規定する要因には、土壤肥沃度や施肥量だけでなく、作物の草型や生育期間等も考えられる。つまり、品種の特性の相違によっても適正な栽植密度は変化しなければならない。

1960年前後、道東道北地帯の中央部ないし内陸部で作付けされるサイレージ用品種は、極晩生の「ホワイト・デントコーン」や「エロー・デントコーン」から「ジャイアンツ」や「交8号」へ、また1965年頃からは「P3620」, 「W573」および「P3715」などの晩生品種へ移行していった。しかし、より早生の「複交8号」や早熟で刈取時に黄熟期に達する子実または雌穂生産の多い品種は、収量性に乏しいとされてほとんど普及されなかった。1974年に、最も早熟のサイレージ用品種として発表された品種「ホクユウ」も、気象条件の不安定な山麓沿海地帯を対象としたものであった<sup>92)</sup>。

このような背景の中で、作期の有効利用による高栄養価のサイレージ用原料の多収を目的として、十分な施肥条件を伴った栽植密度の相違が早晩性品種群の原料収量および品質に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。

1. 試験方法

試験は芽室 (1973, 1975, 1976年) および新得と忠類 (共に1975, 1976年) において行った。

(1) 耕種概要

芽室、新得および忠類における畦幅はそれぞれ75, 66および60cmである。これらを基準として栽植密度は株間距離の調節により行った。他の耕種法は第II章第2節の場合とほぼ同様である。

(2) 試験の概要

芽室、新得および忠類は、すでに第II章第2節で述べたようにそれぞれ道東・道北の中央部、山麓部および沿海部に属する。年次毎の気象条件を日平均気温の積算温度でみると、1973年は平年をかなり上回ったが、1975年と1976年は概ね平年並みであった。また、場所間の土壌条件は前章に示すように異なる。

(3) 供試品種

1973年に実施した栽植密度に関する試験では、個体間変異の少ない単交雑を用いた。その他は栽培されている品種を用いた。

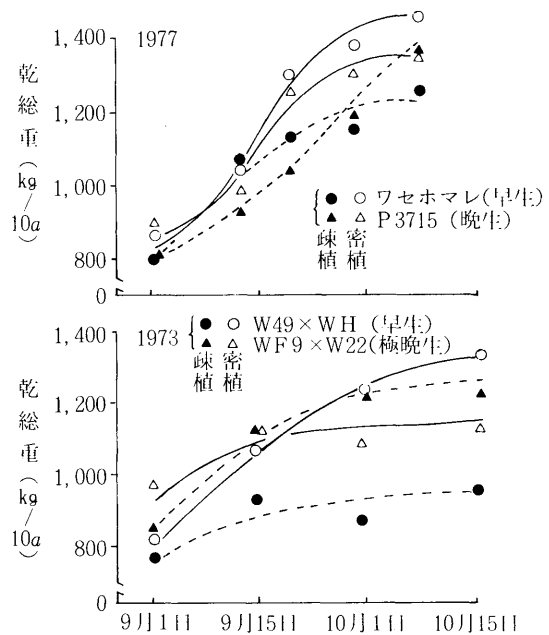
(4) 収穫・乾燥法およびTDNの推定

第II章第2節の場合と同様の方法をとった。

2. 試験結果

(1) 栽植密度の相違による早晩性品種群における乾物収量の経時的推移

図III-11には、登熟期における乾物重の推移



図III-11 早晩性品種の2栽植密度における乾総重の経時的推移 (芽室)

について2ケ年に亘る結果を示した。

1973年では、早生品種は黄熟期に達し、密植区で多収となったが、極晩性品種では乳糊熟期どまりで密植区は疎植区よりも減収した。また、早生品種は兩年共に密植区において乾物の増加が刈取後半まで続いた。1977年においても密植区における早生品種は、晩生品種よりも多収となった。

表Ⅲ-8には、同じ試験の器官別乾物重とTDN収量を示した。早生品種は兩年に共通して、9月中旬以降の密植区における雌穂重増加が大きかった。また、刈取期に相当する9月下旬から10月にかけて、早生品種は黄熟期に達し、密植区におけるTDN収量は乳糊熟期の晩・極晩生品種のそれより概ね20%の多収となった。

表Ⅲ-8 早晩性品種の2栽植密度における器官別乾物収量・TDNの推移 (kg/10a, 芽室町)

年次	品 種	刈取日 (月・日)	疎植区 (4,444本/10a)			密植区 (8,889本/10a)		
			雌穂重	茎葉重	TDN	雌穂重	茎葉重	TDN
1977	ワセホマレ (早生)	9. 1	294	503	543	222	596	570
		12	461	571	724	476	565	733
		19	636	492	827	725	573	950
		28	702	461	864	824	560	1,027
		10. 7	816	440	949	930	547	1,105
	P3715 (晩生)	9. 1	16	792	463	2	871	525
		12	92	841	569	93	893	599
		19	179	864	741	280	973	805
		28	278	911	887	320	960	878
		10. 7	508	868	928	498	858	923
1973	W49×WH (早生)	9. 1	309	620	532	274	551	553
		14	477	461	648	542	524	770
		29	547	316	649	816	427	942
		10. 15	644	303	724	923	418	1,028
	WF9×W22 (極晩生)	9. 1	89	765	524	59	916	583
		14	334	785	740	221	898	709
		29	527	699	855	390	791	791
		10. 15	528	694	853	453	676	779

注：反復は2。

## (2) 栽植密度の相違による早晩生品種群の原料生産特性

表Ⅲ-9-aに3場所の収量について、2ケ年の結果を示した。早生品種群についてみると、密植区に対する増収率は、( )に示したように、中央部の芽室が最も高く、次いで新得、忠類となった。収量別にみると、生総重の増収が最も大きく、次いで乾総重、TDN収量におい

て大であった。乾総重でみると、密植区は芽室-新得-忠類が1,041-907-872 kg/10a, またTDN収量では770-652-623 kg/10a となって、概ね晩生品種群並みかそれを上回った。

中生品種群の密植区における乾総重およびTDN収量は3場所で1,202-1,035-1,078 および844-689-713 kg/10a で最も多収と



表Ⅲ-9-a 2 栽植密度で栽培した早晩性品種群の収量  
(kg/10a, 1975と1976年の平均)

品種群	栽密植度	生 総 重			乾 総 重			T D N		
		芽 室	新 得	忠 類	芽 室	新 得	忠 類	芽 室	新 得	忠 類
早 生	疎植区	2,303	2,849	3,228	773	753	768	575	550	554
	密植区	3,280 (142)	3,669 (129)	3,966 (123)	1,041 (135)	907 (120)	872 (114)	770 (134)	652 (119)	623 (112)
中 生	疎植区	3,665	3,881	4,806	927	836	943	658	564	626
	密植区	4,933 (135)	4,909 (126)	5,267 (110)	1,202 (130)	1,035 (124)	1,078 (114)	844 (128)	689 (122)	713 (114)
晩 生	疎植区	4,800	4,674	5,072	1,022	835	858	703	548	564
	密植区	5,833 (122)	5,530 (118)	5,445 (107)	1,170 (114)	982 (118)	853 (99)	774 (110)	623 (114)	521 (92)

注：1. 疎植区と密植区は4,444と8,889本/10a。

2. ( )は密植区/疎植区×100, %。

3. 供試品種は  
 芽 室 { 早生, 1975=ヘイゲンワセ, P 131 1976=ワセホマレ, ヘイゲンワセ, P 131  
           { 中生, 1975=ホクユウ 1976=ホクユウ  
           { 晩生, 1975=W 573, P 3715 1976=W 573, P 3715  
 新得・忠類 { 早生, 1975=ヘイゲンワセ, P 131, C 535 1976=ワセホマレ, ヘイゲンワセ, P 131  
           { 中生, 1975=ホクユウ 1976=ホクユウ  
           { 晩生, 1975=P 3715 1976=P 3715

4. 反 復 芽室=3, 新得と忠類=2

なったが、新得と忠類では早生品種群とほとんど差がなかった。また、中生品種群の疎植区に対する密植区の増収率は、芽室では早生と晩生品種群の中間を示したが、他の2場所では早生品種群とはほぼ同じであった。

晩生品種群の密植区における増収割合は最も低かった。生総重はいずれの場合においても最大の値を示したが、乾総重は早生品種並み、TDN収量は早生品種群よりやや劣る傾向にあった。

表Ⅲ-9-bは、同じ試験について栽植密度の相違による乾物率、子実重歩合、生草中TDNおよび乾物中TDN%を示したものである。以後これらにより示される原料の総合的な特性を「原料の品質」と呼称し、サイレーズのPHや酸などから判断されるサイレーズ品質と区別して用いる。原料の品質の密植区と疎植区の差は早晩性品種群間の差に比較して著しく小さかった。また、両栽植密度間の個々の品種群についてみると、晩生品種群の子実重歩合および乾物

表Ⅲ-9-b 2 栽植密度で栽培した早晩性品種群の原料品質 (1975と1976年の平均)

場所	品種群	栽 密 植 度	乾物率	子実重歩合	生草中TDN	乾物中TDN
芽 室	早 生	疎植区	34%	53%	26%	75%
		密植区	32	49	24	74
	中 生	疎植区	25	39	18	71
		密植区	24	36	17	70
	晩 生	疎植区	21	28	15	69
		密植区	20	22	14	66
新 得	早 生	疎植区	28	49	21	73
		密植区	27	43	19	72
	中 生	疎植区	24	32	16	68
		密植区	23	25	16	67
	晩 生	疎植区	18	24	12	66
		密植区	19	11	12	64
忠 類	早 生	疎植区	26	45	19	72
		密植区	25	42	18	72
	中 生	疎植区	22	27	16	67
		密植区	23	23	16	67
	晩 生	疎植区	18	17	12	66
		密植区	17	12	10	62

注：表Ⅲ-9-aと同じ。

中TDNの値は、密植区が疎植区の値よりも5%内外低かったが、早生品種ではその差がほとんど認められなかった。

### (3) 不稔・無効雌穂個体および倒伏

表Ⅲ-10には倒伏が発生しない年次の結果に

ついて示した。年次間差異が大きいものの、表中の平均値からも明らかなように、不稔・無効雌穂個体割合は密植区で増加した。また、密植区での割合は、早生品種群では低い、晩生品種群では著しく大きかった。また、場所間でみると、中央部の芽室における割合は10%以内で

表Ⅲ-10 倒伏のない年次における密植に伴う不稔・無効雌穂個体割合(4,444-8,889本/10a,%)

品種群と品種	芽 室			新 得			忠 類	
	1973	1974	1976	1974	1975	1976	1975	1976
早生 ヘイゲンワセ P 131	0-15.6	6.5-3.5	0-3.5	5.0-5.0	2.5-13.3	0-0	4.8-15.8	0-5.0
	0-6.5	0-5.0	0-1.0	0-0	1.0-7.5	0-1.5	5.0-14.8	0-8.8
中生 ホクユウ Jx 844	-	-	0-13.0	0-2.5	2.5-27.5	0-0	7.5-36.0	0-6.3
	-	-	0-2.0	-	-	0-0	-	0-11.3
晩生 W 573 P 3715 交 8 号	0-12.0	3.5-8.5	3.0-3.0	17.5-20.0	15.0-26.8	-	25.1-50.0	-
	-	-	7.5-6.0	-	8.3-18.0	0-12.6	-	8.8-10.0
	-	-	-	12.5-32.5	-	-	15.1-82.5	-
平均	早 生	1.4-5.8		1.4-4.6			2.5-11.0	
	中 生	0-7.5		0.6-7.5			2.5-17.9	
	晩 生	3.5-7.4		10.7-22.0			16.3-47.5	

注：1. 反 復 芽室 = 3, 新得と忠類 = 2

2. 0-15.6とは、0が疎植区(4,444本/10a)、15.6が密植区(8,889本/10a)の割合を%で示す。

表Ⅲ-11 倒伏年次における不稔・無効雌穂個体割合(4,444-8,889本/10a,%,芽室町)

品種群と品種名		1975	1977	品種群と品種名		1975	1977		
不稔・無効雌穂個体割合	早生	ワセホマレ	6.6-22.0	1.5-19.0	倒伏個体割合	早生	ワセホマレ	67-80	3-8
		ヘイゲンワセ	2.3-21.3	7.0-13.5			ヘイゲンワセ	70-80	30-38
		P 131	3.7-7.3	-			P 131	50-50	-
		C 535	-	6.5-11.5			C 535	-	15-18
	中生	ホクユウ	9.0-21.0	0.1-11.5		中生	ホクユウ	90-98	40-57
		Jx 844	-	4.5-14.5			Jx 844	-	60-95
	晩生	W 573	21.0-36.4	6.1-18.5		晩生	W 573	36-60	8-43
		P 3715	3.7-24.0	4.0-7.0			P 3715	13-49	5-32
		交 8 号	34.4-40.0	-			交 8 号	82-87	-
		ジャイアンツ	31.0-60.0	-			ジャイアンツ	95-95	-
平均	早 生	4.6-15.8		平均	早 生	39-46			
	中 生	4.5-15.7			中 生	60-83			
	晩 生	16.7-30.9			晩 生	40-61			

注：反復 = 3

表Ⅲ-12 倒伏年次における栽植密度と倒伏個体割合  
(4,444 - 8,889 本/10a, %, 芽室町)

品種群と品種名		年 次				
		1973	1974	1975	1976	1977
早 生	ワセホマレ	—	—	—	7-0	1-2
	ヘイゲンワセ	—	—	61-83	7-7	10-12
	P 131	—	—	48-50	7-0	—
	C 535	—	—	—	—	4-11
	交 8 号	12-12	13-10	—	—	—
中 生	ホクユウ	—	—	76-82	—	22-32
	Jx 844	—	—	—	—	14-40
晩 生	W 573	—	—	26-43	—	3-10
	P 3715	—	—	13-49	—	—
	交 8 号	25-87	43-63	82-87	—	—
	ジャイアンツ	33-93	33-60	95-95	—	—
平 均	早 生	16.9 - 18.7				
	中 生	37.3 - 51.3				
	晩 生	39.2 - 65.2				

注：反復=3

あったが、山麓部の新得の晩生品種群の疎植対密植区の値はそれぞれ10.7対22.0%，また沿海部の早生、中生および晩生品種ではそれぞれ2.5対11.0、2.5対17.9および16.3対17.5%となって密植区が高い値を示した。しかし、品種間差異も認められ、「P 131」および「P 3715」における値は低かった。

表Ⅲ-11には、芽室における倒伏発生年次の不稔・無効雌穂個体割合を示した。これは、表Ⅲ-12の結果に比較すると両栽植密度においてかなり大きな値となっており、特に密植区においては早生および中生品種が15.8および15.7%，晩生品種が30.9%と大きな値を示した。

表Ⅲ-12は、これに関連して品種群の両栽植密度における倒伏個体割合を、比較可能な年次について示したものである。各品種群の平均値をみても明らかなように、早生、中生および晩生品種の疎植区における倒伏個体割合はそれぞれ16.9、37.3および39.2%であったのに対し、密植区では18.7、51.3および65.2%となって、熟性の晩い品種群ほど密植に伴う倒伏個

体割合の増加が著しかった。

#### (4) 3場所における多収事例

表Ⅲ-13には、これまでの多数年次に亘る品種×栽植密度(4,444, 6,667, 8,889株/10a + 多肥)の組合せによる試験結果から、各年次の多収事例を品種群ごとに抜きだして示した。芽室においては、乾総重は中生品種群が最も多収傾向を示し、次いで晩生、早生品種群となったものの統計的有意性は認められなかった。TDN収量では品種群間の差はほとんどみられなかった。乾物率についてみると、早生および中生品種は25~35%の適正範囲にほぼ入ったが、晩生品種では熟度の進んだ1973年に27%となったにすぎなかった。

新得および忠類においては、乾総重では品種間にほとんど差がみられなかったが、TDN収量では晩生品種群がやや低い値となった。早生品種群の乾物率は25%に達しない年次があったものの、乾物中TDNは70%を超えた。中生および晩生品種群の乾物率は20%前後と低く、また乾

表Ⅲ-13 早晚性品種群の多収事例 (10a 当り)

芽室		新得										
区 分	乾総重	T D N	乾物率	乾物中 T D N	区 分	乾総重	T D N	乾物率	乾物中 T D N			
早	1969-K 4	1,290 <sup>kg</sup>	933 <sup>kg</sup>	33%	72%	早 生	1974-K 4	920 <sup>kg</sup>	586 <sup>kg</sup>	20%	64%	
	1970-K 4	1,448	1,033	35	71		1975-C 5	894	644	29	72	
	1971-K 4	1,287	886	21	69		1976-W a	1,091	797	26	73	
	1972-K 4	1,386	1,002	23	72		1977-W a	1,320	939	22	71	
	1973-P 1	1,372	1,022	34	75		平 均	(1,056)	(742)	(24)	(70)	
生	1974-W a	1,122	847	43	76	中 生	1974-H o	967	630	18	65	
	1975-W a	1,215	850	33	70		1975-H o	890	623	27	70	
	1976-W a	1,001	747	28	75		1976-H o	1,291	847	20	66	
	1977-C 5	1,554	1,104	31	71		1977-H o	1,448	966	21	65	
	平 均	(1,297)	(936)	(31)	(72)		平 均	(1,149)	(767)	(22)	(67)	
中 生	1970-H o	1,477	1,015	30	68	晩 生	1974-K 8	1,215	730	18	60	
	1971-H o	1,213	834	24	69		1975-P 7	921	606	21	66	
	1972-H o	1,644	1,108	25	67		1976-P 7	1,038	644	18	62	
	平 均	(1,445)	(986)	(26)	(68)		1977-P 7	1,425	932	16	65	
							平 均	(1,150)	(728)	(18)	(64)	
晩 生	1969-G i	1,472	881	19	60	忠 類						
	1970-K 8	1,457	957	22	66	早 生	1974-H e	972	677	19	70	
	1971-K 8	1,490	967	18	65		1975-C 5	959	682	22	71	
	1972-P 3	1,272	858	19	67		1976-P 1	1,147	795	20	70	
	1973-W 5	1,580	1,089	27	69		1977-W a	1,134	800	27	71	
	1974-W 5	1,346	909	20	68		平 均	(1,053)	(739)	(22)	(71)	
	中 生	1975-K 8	1,351	863	22	64	中 生	1974-H o	1,024	661	20	65
		1976-W 5	1,126	733	20	65		1975-H o	1,024	653	24	64
		1977-P 7	1,749	1,178	22	67		1976-H o	1,338	816	18	61
		平 均	(1,427)	(937)	(21)	(66)		1977-H o	1,123	692	18	62
						平 均		(1,127)	(709)	(20)	(63)	
晩 生					晩 生	1974-W 5	896	549	17	61		
						1975-W 5	1,051	674	19	67		
						1976-P 7	1,268	771	14	61		
						1977-P 7	1,271	754	18	59		
						平 均	(1,122)	(687)	(17)	(62)		

注：1. 区分中，K 4 = 交 4 号，P 1 = P 131，Wa =  
= ワセホマレ，C 5 = C 535，Ho = ホクユウ，  
Gi = ジャイアンツ，K 8 = 交 8 号，P 3 = P 3620，  
W 5 = W 573，P 7 = P 3715，He = ヘイゲンワ  
セ

2. 反復，芽室 = 3，新得と忠類 = 2

物中 T D N も低い値を示した。

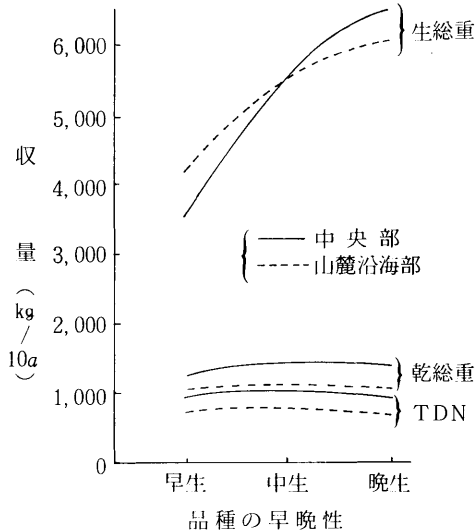
### 3. 考 察

サイレージ用トウモロコシ品種の収量を考える場合、従来は刈取時に乳～糊熟期になるよう

な品種が多収とされて、品種比較試験でもこれらの時期に刈取られている場合が多かった。つまり、刈取時に黄熟期に達する品種は、飼料効率が低いものの、収量性に乏しいとされていた。そのため、品種は、刈取時の熟度が乳～糊熟期のものが選定されていた。

しかし、このような早晩性品種群の比較試験における栽植密度の多くは、4,444本/10aの疎植を中心としていた。芽室における早生品種群の密植(8,889本/10a)は疎植(4,444本/10a)よりも、乾総重およびTDN収量ともに20~30%以上増収し、その収量水準は同様に密植した晩生品種群に比較して遜色ない多収となった。密植した晩生品種群のこれら収量は約10%の増収にすぎなかった。このことから、早生品種群は晩生品種群より密植適応性が高く、従って疎植下での早晩性品種群の生産力比較は早生品種群にとっては適当でないことを示している。つまり、各品種群には個有の適正栽植密度(十分な施肥条件が伴う)があり、各品種群にそれが与えられることによって品種群の能力の正しい比較が行われると考える。

図Ⅲ-12は、適正な栽植密度を与えた場合の各品種群の収量性を、本試験の結果から模式化したものである。つまり、熟性の早い品種群は



図Ⅲ-12 地帯別品種群の生産力(模式図)

晩い品種群に比し、生総重では著しく低下するものの、中央部における乾総重およびTDN収量はほとんど晩生品種群と等しく、これはRutzer<sup>157)</sup>の結果と概ね一致している。また、山麓・沿海部においては中央部よりも密植による増収

率が低いこともあり、収量水準は低いが、早・中生品種群の乾総重およびTDN収量はむしろ晩生品種群よりも多収となった。

次に密植による原料の品質の差について述べる。密植による子実重歩合の低下は早生および中生品種群では小さいが、晩生品種群では比較的大きく、そのため乾物中TDNは3場所共に2~4%低下した。従って、晩生品種群では、若干の増収のために密植しても、原料の品質における低下は避けられないことを示している。

岩田<sup>80, 83)</sup>および田中<sup>175)</sup>は、密植下の不稔個体の発生増加を詳しく報告したが、本研究の不稔・無効雌穂個体の密植による増加は早生品種群で少なく、次いで中生、晩生品種群となり、晩熟の品種群ほど多かった。晩生品種群では密植による増収効果が小さく、また、子実重歩合および乾物中TDNが低下したのはこのためであろう。

倒伏による不稔・無効雌穂個体の発生増加は品種群で見れば晩生品種群で著しかった。これは、晩生品種群では個体が大きいために受光態勢が悪化しやすいからであろう。

以上のことから、サイレージ原料の多収性と品質向上に寄与する要因として密植効果と早生品種の早期適熟によりもたらされる生産性があげられる。これらの要因のうち、密植効果は多収性に、また早生品種の早期適熟は原料の品質に対してより強く寄与している。そして、倒伏の発生は、密植効果と品種群の生産性を変更する役割をもっていると考えられるが、この点でも早生品種群は有利であることが示された。

品種選定の立場から考えると、多収性の追求は早晩性品種群のいずれにおいてもその可能性はあると思われる。しかし、原料の品質向上の場合には、与えられる環境条件下においては各品種群の熟性に具った品種個有の特性に最も大きく影響されるもので、寒地においては晩生品種群の乾物率や乾物中TDNを早生品種群並みにすることは至難である。茎葉の消化率を向上させる遺伝子として期待されているBrown mid-

rib<sup>106, 132, 133</sup>) は、繊維質含量を低下させることによって消化率が向上し、従って乾物中TDNも向上するということが注目されているが、繊維質の減少は耐倒伏性を著しく低下させるということと<sup>19, 210</sup>、倒伏が不稔・無効雌穂個体の増加を招くということを考慮すれば、繊維質を減少させて乾茎葉の占める比率の大きい晩生品種が育成され選定される可能性はかなりやすい。早生品種群では、耐倒伏性強化のために繊維質含量の高まる可能性があり、これは家畜、特に乳牛の生理上から<sup>112, 149, 202, 204</sup>、重要な役割もっている。これらのことから、高栄養価のホールクロップ原料の多収のための選定品種は、刈取期に黄熟期に達する早熟性品種が妥当であると考えられる。そして、これを効果的にするには、品種の密植適応性および耐倒伏性の高いことが必須条件になると思われる。

#### 4. 摘 要

1973～1977年に、十分な施肥条件下において高栄養価の原料を生産するための栽植密度の影響を、早生、中生および晩生品種群を用い、中央部の芽室、山麓部の新得および沿海部の忠類において行った試験成績から検討した。

1. 中央部における密植では、早生および中生品種群の乾総重とTDN収量は疎植に比べ約30%増収し、晩生品種群とほとんど同水準の収量を示すことが認められた。山麓沿海部における密植は増収割合は低いものの、早生品種群では晩生品種よりも僅かながら多収となった。

2. 原料品質の指標となる乾物率の密植による低下は、各品種群ともに大きく変化することはなかった。しかし、乾物中TDN含量の密植による若干の低下は晩生品種群において認められた。また、不稔・無効雌穂個体の発生割合は、早生品種群では密植による増加が少なかったが、晩生品種群では増加が多く、この傾向は倒伏発生の増加により一層顕著となった。すなわち、密植による原料の品質低下は、早生品種群では少

なく、中・晩生品種群で多いことが認められた。  
3. 早晩性品種群別の栽植密度反応から、寒地における高栄養価原料の多収のためには、密植適応性と耐倒伏性の高い早生品種群を中心に、これに適宜地域性を考慮して中生品種群を選定して配合することが効果的であると推察された。

### 第3節 施肥法改善試験

北海道におけるトウモロコシの施肥量基準は、1961年にN:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>Oが6:7:6kg/10aとされたのに始まり、1967年には10:12:8kg、1971年には12:15:10kgとなっている。肥料の濃度障害の発生はこうした施肥水準の向上により急激に増加してきており、限界地帯においてはこの現象を低温障害として誤って判断された例が多い。しかし、一方では原料生産上における多肥栽培による増収効果が明らかになるにつれ、施肥基準の改定は必要となっていた。こうしたことから、1979年には15:18:12kgと改められたが、窒素のうち10kgは基肥として、他は分施とすることが始めて記載されたのである。

しかし、1979年の分施に関する記載は明確なデータがないために概括的にならざるを得なかったと思われる。このようなことから、窒素の施肥方法の体系的研究が必要とされていた。

濃度障害の原因は、作物がNH<sub>4</sub>を主とする高濃度のイオンによって障害を受けるか、また過剰吸収することにある<sup>78, 125</sup>。従って、濃度障害を回避するには、土壌中のNH<sub>4</sub>を主とするイオンの濃度が必要以上に高まらないことが必要である。これには3つの方法が考えられる。1つは施肥量または基肥量を減少することであり、他は施肥位置を種子から遠く離して大きくとることおよび施肥成分の急激な溶解の防止である。具体的には、前者は分施による方法であり、後者は施肥位置の拡大や分散および緩効性資材の利用である。

後者では、寒地における緩効性窒素の効果は不安定であること、また大幅な施肥法の変更は

既存の施肥機が利用できなくなる欠点がある。そこで、これらの欠点のない条件で、つまり通常の化学肥料と現行の施肥機の利用を前提として濃度障害の主要原因となっている窒素肥料の施肥方法を検討して、その改善策を確立しようとするものである。

## 1. 試験の条件

試験は大別して3つからなるが、これらに共通する事柄をまとめれば、以下のようになる。

試験場所は、前節までにおけると同じ芽室および忠類において行われた。両場所における圃場および土壌条件は表Ⅲ-14の通りである。

いずれの場所も褐色火山灰土で排水が良好であり、濃度障害および肥料不足を起しやすい土壌である。芽室の圃場は2ヶ年連続してマメ科牧草とトウモロコシが鋤込まれ、また忠類の圃場は前作までの肥培管理は良好であった。従って、いずれの圃場も多肥効果があり現れない土壌条件にあると思われる。

1978年は、発芽から生育初期の雨量は1分

表Ⅲ-14 試験圃の条件および土壌組成

場 所	年次	圃 場 条 件		土 壌 分 析				置換性塩基 (me)		
		前 作	土 壌	P H (H <sub>2</sub> O)	全炭素	全窒素	磷酸吸 収係数	可 吸 態		
								K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
芽 室	1978	前年マメ科牧草、 前々年トウモロコシ 鋤込	褐色火山灰	6.1	2.78	0.29	1,080	0.19	3.82	0.57
	1979									
	1980									
忠 類	1978	馬 鈴 薯	褐色火山灰	5.8	2.91	0.23	880	0.56	6.50	1.78
	1979	菜 豆								
	1980	馬 鈴 薯								

あり、気温もほぼ良好に経過したので、発芽および初期生育が良好で濃度障害の発生も少ない年次であった。しかし、1979年においては、降雨量が少ないので土壌は乾燥し、濃度障害の発生しやすい条件にあった。1980年は、1978年と1979年の中間条件の年次であり、また1981年は極く異常な低温年次<sup>193)</sup>であった。

本節における研究は圃場試験を中心とし、また試験区の施肥はいずれも施肥機により行った。栽植密度は5,555本、また畦幅は66cmまたは75cmとした。施肥を施肥機により行った理由は、本研究が実際的な研究を主旨としており、従って得られたデータはできるだけそのまま実際に利用できることが望ましいと考えられたからである。従来の施肥に関する研究では、第Ⅱ章第1節で述べた様に、肥料は鍬やレーキにより行われるために実際に農家が利用している施肥機利用の施肥に応用できない面があったと思われる。

多数の試験区における施肥量の差を施肥機の調整により行うことは不可能である。そこで、施肥量の差は通称“メサライト、を増量剤として添加することにより調整し、これにより施肥成分の異なる各試験区の施肥資材量は一定となるようにした。従って、施肥機の調整は一回だけとなった。“メサライト、は珪酸を主成分とする建築の製骨資材で、その比重は化学肥料資材なみであるので、単肥配合のときによく配合することができた。このため、試験区当りの施肥成分量はほぼ設計通りに施肥することができ、また施肥位置は実際の施肥機による場合と同じになった。

配合に用いた肥料資材は、硫安、重焼燐、硫酸加里、硫酸苦土および硫酸亜鉛であり、これに必要な“メサライト、を添加した。

なお、本節の試験に先立ち、“メサライト、の施用の有無によってトウモロコシを栽培した

表Ⅲ-15 試験方法の概略

試験の種類	場所	年次	試験区配置	1区面積 ㎡	施肥-播種-刈取 月日	品種
1. 窒素の施肥位置	芽室	1969	乱塊法2反復	7.0	6.20 - 6.20	交4号
	忠類	1978	任意抽出	-	5.22 - 5.23	ワセホマレ
	芽室	1978	乱塊法4反復	27.0	5.10 - 5.11 - 9.11	ワセホマレ
	"	1979	" 4 "	"	5.10 - 5.11 - 9.22	"
2. 窒素の分施肥時期	忠類	1978	" 3 "	"	5.22 - 5.23 - 9.26	"
	芽室	1978	乱塊法5反復	13.5	5.10 - 5.11 - 9.11	ワセホマレ
	"	1979	" 3 "	"	5.10 - 5.11 - 9.22	"
	忠類	1978	" 4 "	"	5.22 - 5.23 - 9.26	"
3. 窒素の基肥量および分施肥時期の関係	"	1979	" 3 "	"	5.22 - 5.23 - 10.3	"
	芽室	1980	乱塊法5反復	27.0	5.10 - 5.11 - 9.23	ワセホマレ
	"	1981	" 3 "	"	5.10 - 5.11 - 9.25	"



ところ、その影響はほとんど認められなかったので<sup>195)</sup>、「メサライト」の添加が本節の各試験区における処理効果に影響を与えることはないと判断した。

各項の試験区配置、施肥・播種、刈取りなどは、表Ⅲ-15の通りである。

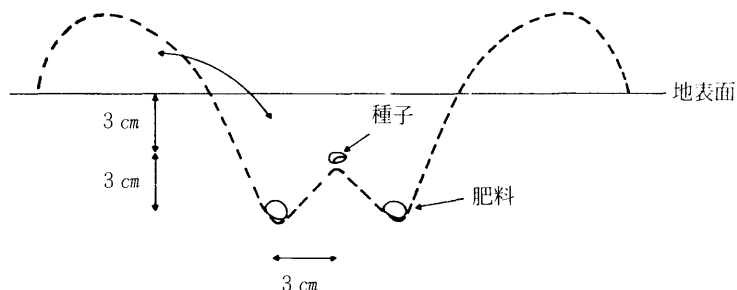
## 2. 窒素の施肥位置および基肥量

### (1) 試験方法

施肥位置試験の1つは、図Ⅲ-13のように、まず点線の部分を木板により造り、次に肥料および種子を置床し、最後に太線の状態になるようにして覆土した。窒素水準は9と15kg/10aで、共通肥料は $P_2O_5 : K_2O : MgO = 16.2 : 6.0$

: 4.8 kg/10aである。播種間隔は10cmである。以上により栽植された幼苗の乾物重を測定した。これとは別に、忠類の現地選抜圃において単肥配合による $N : P_2O_5 : K_2O : MgO = 15 : 19 : 12 : 4$  kg/10aの全量を基肥として機械施肥し、次いで施肥位置から種子までの距離を種々にとって点播し、それに覆土した。そして、発芽後に種子から種子位置までの距離と発芽および幼苗乾物重を測定した。

基肥量試験は施肥位置試験の結果に基づいて、図Ⅲ-13における種子と肥料の間の距離を3cmとなるように機械で行った。一般栽培管理は十勝農試の標準栽培法または標準栽培法に準じて行った。そして、共通肥料としては、 $P_2O_5 : K_2O : MgO : ZnO = 20 : 10 : 4 : 1$  kg/10aで



図Ⅲ-13 施肥位置と種子位置

ある。発芽、初期生育および収量の調査方法は通常の方法により行った。乾物重の測定方法は第Ⅱ章第2節に示した通りである。土壌および作物体の分析法は結果の項でのべる。

### (2) 試験結果

表Ⅲ-16は、施肥位置が初期生育の乾物重に及ぼす影響をみたものである。いずれの施肥位置においても窒素水準9kgにおける幼苗の乾物重は窒素水準15kgにおけるよりも高い値を示した。窒素水準9kgにおける乾物重は、播種後14日および24日のいずれの時期においても施肥位置3cmで最も高い値を示した。また、窒素水準15kgに限ってみれば、いずれの播種期において

表Ⅲ-16 N水準と施肥位置が初期生育に及ぼす影響 (1969,  $r = 2$ )

調査日	N の 基肥水準	施肥位置別乾物重 (生存個体)		
		0~0.5 cm	3 cm	9 cm
播種後 14日	kg/10a 9	g/20pl. 0.18	g/20pl. 2.07	g/20pl. 1.67
	15	0.02	1.00	1.80
24日	9	2.25	6.30	5.50
	15	0.40	4.40	5.15

- 注：1. 施肥位置は図Ⅲ-13の種子と肥料までの距離をそれぞれ0~0.5cm, 3cm, 9cmとした。  
2. 施肥位置0~0.5cmの種子の不発芽はN9kgでは0%, また15kgでは22% (14日) と26% (24日) である。施肥位置3cmおよび9cmにおける種子の不発芽はみられなかった。  
3. 芽室, 1969。

も、施肥位置が遠いほどその乾物重は高い値を示した。

表Ⅲ-17は、忠類における施肥位置別の発芽率と稚苗乾物重を示したものである。施肥位置が近い場合の発芽率と稚苗の乾物重低下は著しく、また5 cmの遠距離となった場合も稚苗の乾物重は低下する傾向にあった。

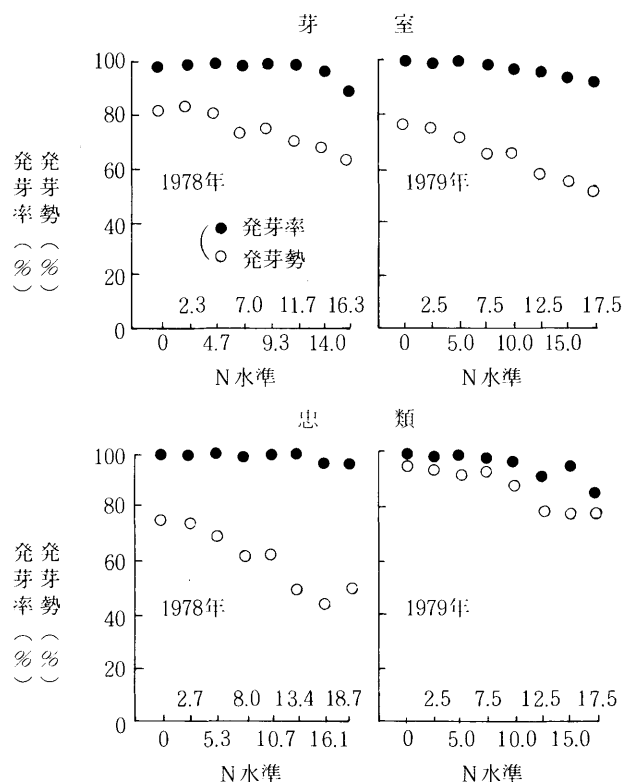
表Ⅲ-17 施肥位置が発芽と初期生育に及ぼす影響（忠類，1978）

施肥位置 cm	発芽率 %	苗乾物重 g/20ps
1.0 以内	86.5	1.40
1.1～3.0	100.0	2.82
3.1～5.0	100.0	2.50

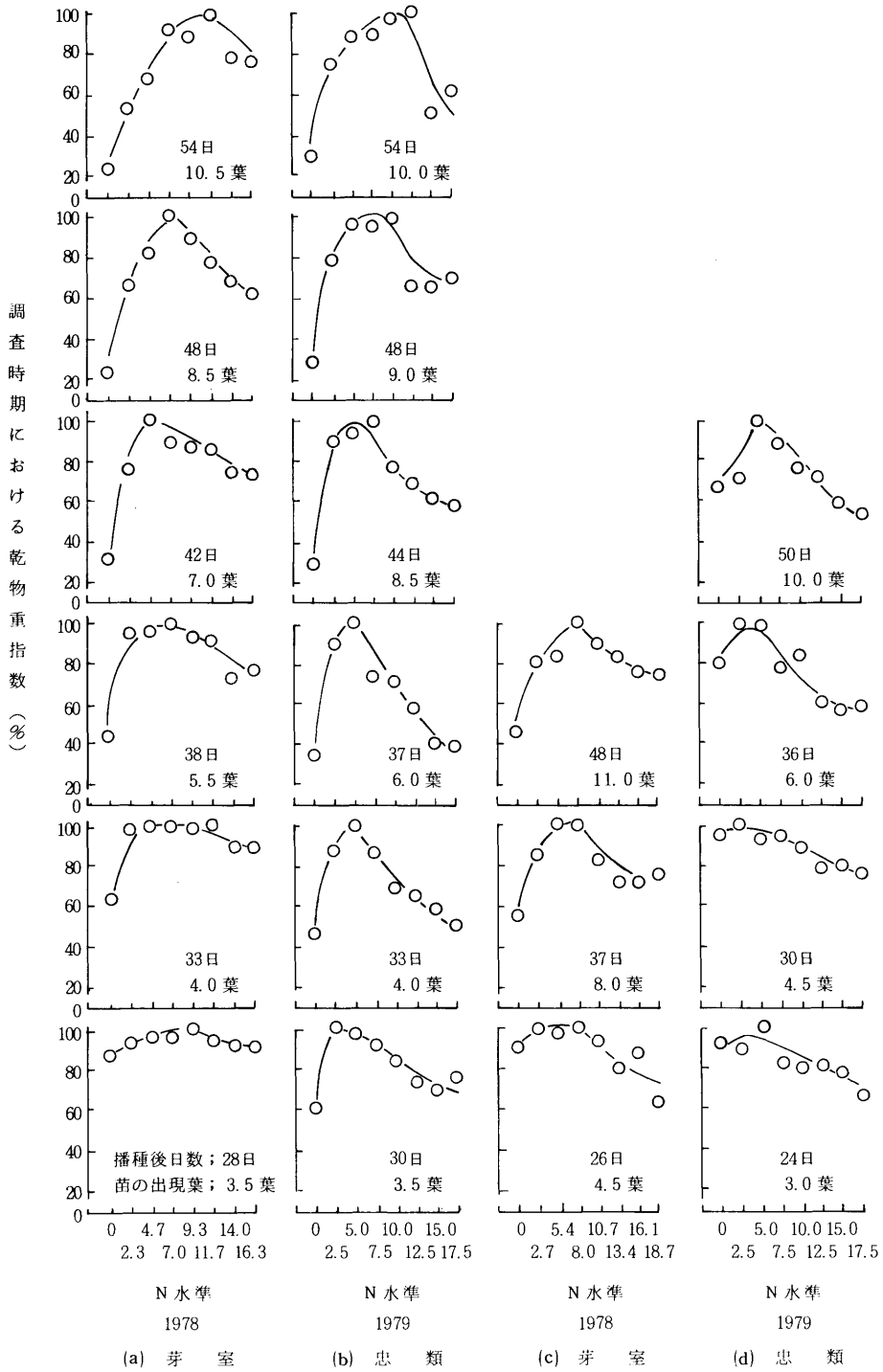
注：1. 施肥位置；図Ⅲ-13の種子からの側方距離  
2. 苗乾物重；6月15日測定  
3. 施肥成分；N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O：MgO =  
10.7：20.0：10.0：4.0 kg/10 a

図Ⅲ-14は、2場所2ケ年における窒素水準別の圃場の発芽率および播種後15日目の発芽勢を示したものである。これらに影響を及ぼす窒素水準はかなり低く、特に発芽勢では5 kg内外の低水準から認められた。また、発芽率および発芽勢のいずれにおいても、10kg以上の水準ではその抑圧傾向が顕著に示された。

図Ⅲ-15は、同じ試験における播種後日数に伴う幼苗の乾物重の推移を、各播種後日数における最大値を100とした指数で示したものである。(a)の芽室(1978年)の結果をみると、乾物の最大値が得られる窒素水準は、播種後28日においては9.3 kgであり、以下、日数の経過と共に低下して42日では4.7 kgとなった。しかし、48日では7.0 kg、また54日では11.7 kgとなり、比較的高窒素水準で乾物重の最大が得られた。(b)の芽室(1959)、(c)の忠類(1978)および(d)の忠類(1979)でもほぼ同様の傾向が認められた。



図Ⅲ-14 N水準別圃場の発芽率および播種後15日目の発芽勢



図Ⅲ-15 N水準が初期乾物重に及ぼす経時的影響

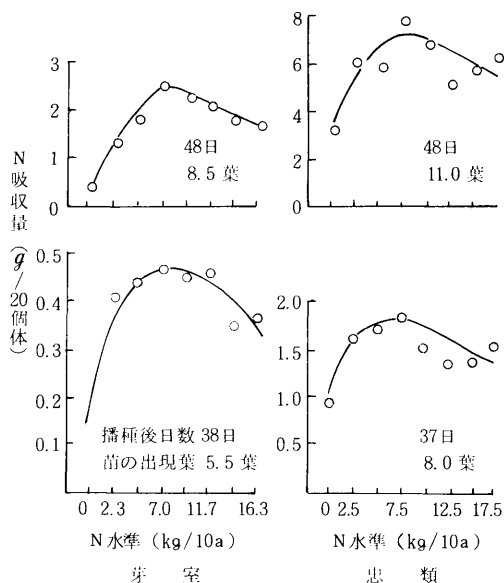
注：乾物重指数は各調査時期の最大値を100としてその比で示す。

乾物重の最大値が得られた窒素水準よりも低い水準の乾物重低下は窒素不足によるものであり、また高水準における乾物重低下は濃度障害によるものと考えられる。また、いずれの場所および年次においても、濃度障害および肥料不足による乾物の低下は稚苗初期において小さかった。

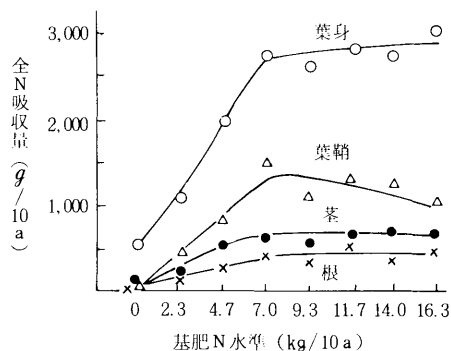
図Ⅲ-16は、図Ⅲ-13に示した実験材料から得られたものの一部について、乾物中の窒素含有量をみたものである。これによれば、いずれの場所においても窒素水準7.0または7.5 kgまでは窒素の向上に伴って、個体の窒素の吸収量は増

加した。しかし、これらを超えた窒素水準では、窒素水準の向上に伴って吸収量は逆に低下した。

図Ⅲ-17は雄穂抽出期直前の12葉期における器官別の窒素吸収量を、また図Ⅲ-18はその時の施肥窒素の利用率を示したものである。図Ⅲ-17からは、いずれの部位においても窒素の吸収量は、窒素水準7.0 kgまでは増加するが9.3 kg以上ではほとんど増加せず、葉鞘ではむしろ低下することが認められた。そして、図Ⅲ-18からは、その時点における施肥において50%以上となって最も高いが、窒素水準15kgにおいて

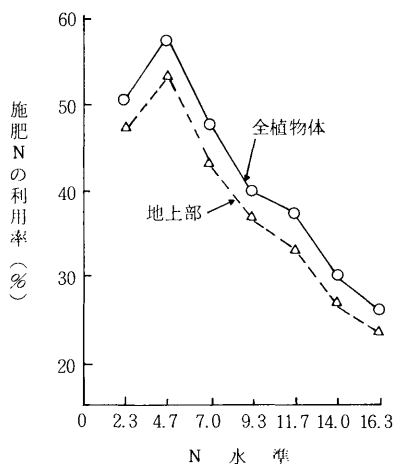


図Ⅲ-16 N水準別の個体のN吸収量(1978年)



図Ⅲ-17 N水準別の器官別のN吸収量

注：播種後62日、12葉期（7月11日、1978年）



図Ⅲ-18 施肥Nの水準とみかけの利用率

注：播種後62日、12葉期（7月11日、1978年）

は30%以下の低い値を示すことが認められた。すなわち、いずれの図においても、窒素水準が高い場合には、施肥窒素は作物に有効に吸収されないか、むしろ吸収が防げられている結果となった。

表Ⅲ-18は窒素水準が絹糸抽出期および稈の形質に及ぼす影響をみたものである。窒素水準7.0-7.5 kg内外においては、窒素水準0-5.0 kgにおけるよりも絹糸抽出期は早まり、稈長、着雌穂高および稈径は大なる値を示した。そして、窒素水準9.3-10.0 kg以上では僅かであるが、絹糸抽出期は遅れ、着雌穂高および稈径は低下する傾向を示した。

表Ⅲ-18 Nの水準が絹糸抽出期および稈の形質に及ぼす影響

N 水準 (1978~1979)	絹糸抽出期	稈長	着穂雌高	稈径
kg/10a	月日	cm	cm	cm
0-0	8.5	200	64.3	1.51
2.3-2.5	1	212	65.3	1.74
4.7-5.0	7.30	213	68.6	1.86
7.0-7.5	29	219	73.0	1.94
9.3-10.0	29	224	75.0	1.96
11.7-12.5	30	224	75.4	1.97
14.0-15.0	30	224	74.3	1.92
16.3-17.5	30	224	74.3	1.94

注：芽室，1978と1979年の平均

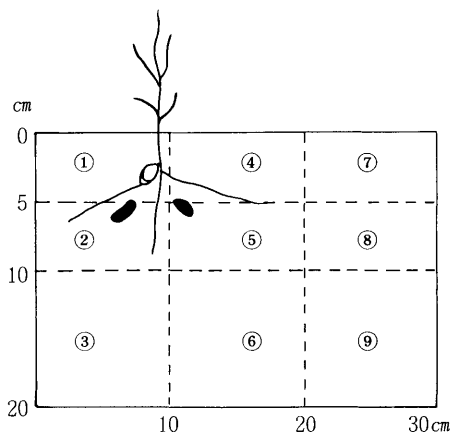
表Ⅲ-19は窒素水準が収量に及ぼす影響をみたものである。芽室においては、いずれの収量も窒素水準0から5.4-5.0 kgまでは顕著な増収効果が示された。しかし、これより高い窒素水準では増収傾向が鈍化するかほとんど変わらなかった。忠類においても、芽室とほぼ同様の傾向を示したが、窒素水準17.5-18.7 kgにおける収量はむしろ減少した。

図Ⅲ-19は、施肥直後の当日における採取土壌断面を、また表Ⅲ-20はその分析結果を示したものである。まず、施肥直後における土壌についてみると、種子の周辺部におけるEC、NH<sub>4</sub>およびNO<sub>3</sub>、特に前2者の値の高位が認められる。5葉期における値をみると、ECおよびNH<sub>4</sub>の値は施肥直後よりもかなり低

表Ⅲ-19 Nの水準が収量に及ぼす影響

場所	N 水準 (1978~1979)	乾総重	比	子実重	比	TDN	比	雌穂数	千粒重
	kg/10a	kg/10a	%	kg/10a	%	kg/10a	%	本/個体	g
芽室	0-0	740	100	367	100	531	100	0.98	276
	2.3-2.5	865	117	446	122	631	119	0.98	297
	4.7-5.0	998	135	482	131	716	135	0.94	289
	7.0-7.5	1,059	143	504	137	765	144	0.99	294
	9.3-10.0	1,117	151	501	137	803	151	0.95	292
	11.7-12.5	1,106	149	505	138	801	151	0.93	297
	14.0-15.0	1,119	151	530	144	809	152	0.93	300
	16.3-17.5	1,126	152	538	147	816	154	0.97	298
忠類	0-0	956	100	470	100	696	100	0.94	287
	2.7-2.5	1,137	119	566	120	829	119	0.98	292
	5.4-5.0	1,238	129	598	127	897	129	1.05	309
	8.0-7.5	1,325	139	619	132	959	138	1.00	309
	10.7-10.0	1,323	138	638	136	960	138	1.01	317
	13.4-12.5	1,314	137	627	133	970	139	0.97	311
	16.1-15.0	1,308	137	638	136	981	141	0.98	331
	18.7-17.5	1,294	135	602	128	935	134	0.99	326

注：1. 比はN水準0を100として、%で示した。  
2. 1978と1979年の平均。



図Ⅲ-19 採取土壤の断面図（芽室，1978年，  
N水準 9.3 kg）

注：数字は採取番号

表Ⅲ-20 施肥直後および稚苗時における土壤成分の分布  
(1978)

時 期	E C (mmho/cm)			NH <sub>4</sub> (% , 乾土)			NO <sub>3</sub> (% , 乾土)		
施肥直後	① 2.38	④ 2.35	⑦ -	① 11.71	④ 12.05	⑦ -	① 2.45	④ 2.55	⑦ -
	② 0.28	⑤ 1.84	⑧ -	② 0.05	⑤ 8.01	⑧ -	② 1.48	⑤ 2.30	⑧ -
	③ 0.11	⑥ 0.09	⑨ -	③ 0.03	⑥ 0.04	⑨ -	③ 0.18	⑥ 0.18	⑨ -
5 葉 期	① 0.22	④ 0.17	⑦ 0.07	① 0.16	④ 0.14	⑦ 0.14	① 0.43	④ 0.87	⑦ 0.13
	② 0.39	⑤ 1.17	⑧ 0.07	② 0.14	⑤ 1.10	⑧ 0.12	② 1.73	⑤ 4.95	⑧ 0.12
	③ 0.30	⑥ 0.69	⑨ 0.09	③ 0.13	⑥ 0.21	⑨ 0.12	③ 2.15	⑥ 4.52	⑨ 0.29

注：1. E Cは1：5水，NH<sub>4</sub>およびNO<sub>3</sub>は1：5水溶性成分による。  
2. ○印番号は図Ⅲ-19の採取番号

表Ⅲ-21 N水準別における作物刈取り後の土  
壤成分

N 水 準	E C	無機態-N
kg/10a	mmho/cm	mg/100g乾土
0	0.257	4.01
2.3	0.161	3.29
4.7	0.250	3.78
7.0	0.327	4.56
9.3	0.339	3.88
11.7	0.241	5.03
14.0	0.388	5.35
16.3	0.376	6.27

注：1. 1978年，芽室  
2. E Cは1：5水，無機態-Nは1：10のKCl抽出液-コンウェイ微量拡散法で分析した。

下しているものの，断面別にみると施肥断面⑤において最も高い値を示し，次いで下位断面⑥，上位断面④と低下し，側方断面⑦，⑧および⑨ではほとんど変化しなかった。また，NO<sub>3</sub>は上位断面④で低下したが，施肥断面⑤および下位断面⑥においては高い値を示した。すなわち，施肥窒素の多くは施肥位置の上下を移動していた。

表Ⅲ-21は作物刈取後15日の窒素水準別の土壤分析結果である。採取断面は作条を中心に横15cm，深さ15cmである。この表から，窒素水準の増加に伴って土壤PHは低下し，ECは高まり，また無機態窒素は窒素水準が11.7kg以上で高い値を示した。

### 3. 窒素の分施肥時期

#### (1) 試験方法

前項から窒素分施肥が本課題に対する一つの合理的改善策であることが予測された。そこで，ここでは適正な分施肥時期を解明することを目的として，N：P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>：K<sub>2</sub>O：MgO：ZnO=7.5～10.0：20.0：10.0：4.5：1.0kg/10aとした。処理は5つの分施肥時期に無分施肥区を含めて6処理である。窒素の施肥総量を17.5kg/10aとしたので，分施肥分量は年次により7.5～10.0kg/10aとし，資材には硫酸を用いた。分施肥の方法は手により畦中央に施肥し，その直後にレーキで軽く攪拌した。

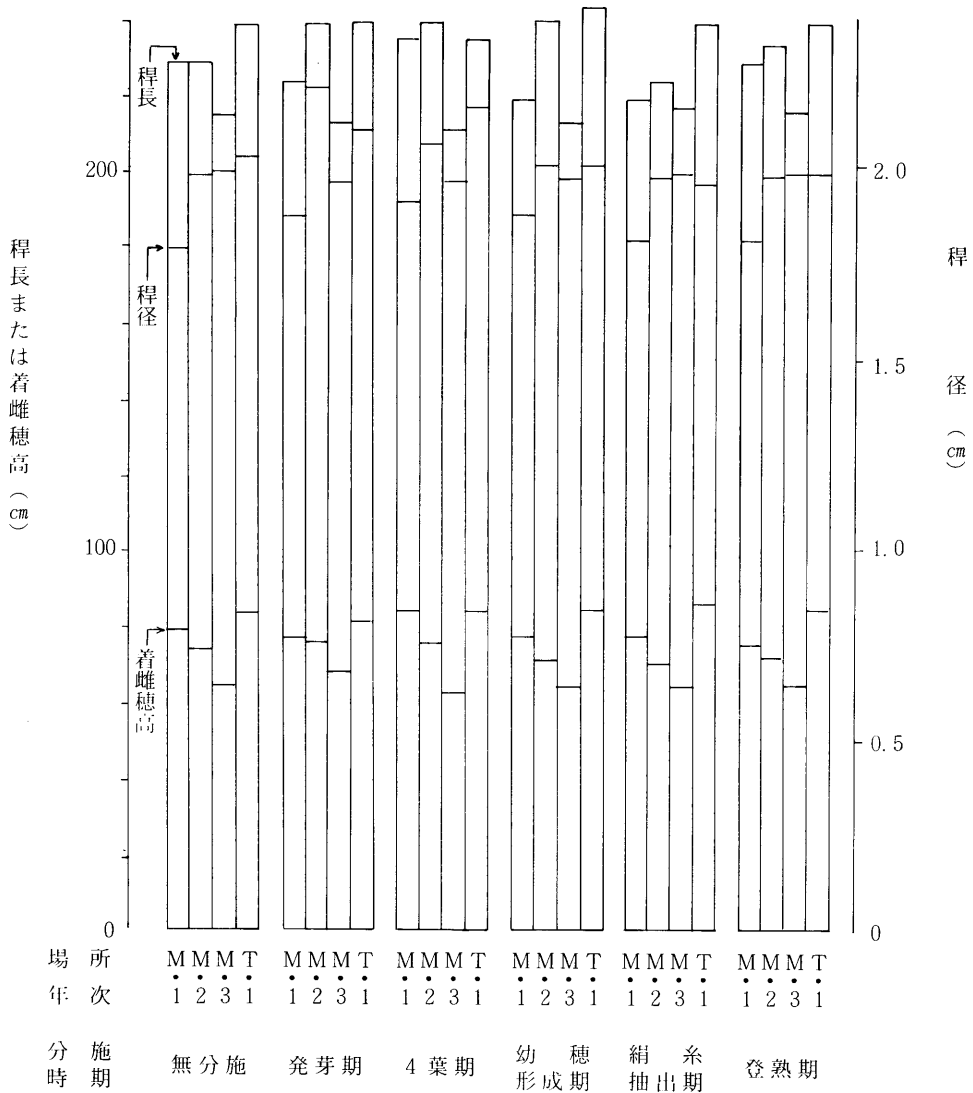
(2) 試験結果

図Ⅲ-20は、分施時期の差が成熟個体の稈形質に及ぼす影響をみたものである。年次および場所を通じて稈径は概ね分施時期が発芽期および4葉期の場合に高い値を示した。絹糸抽出期

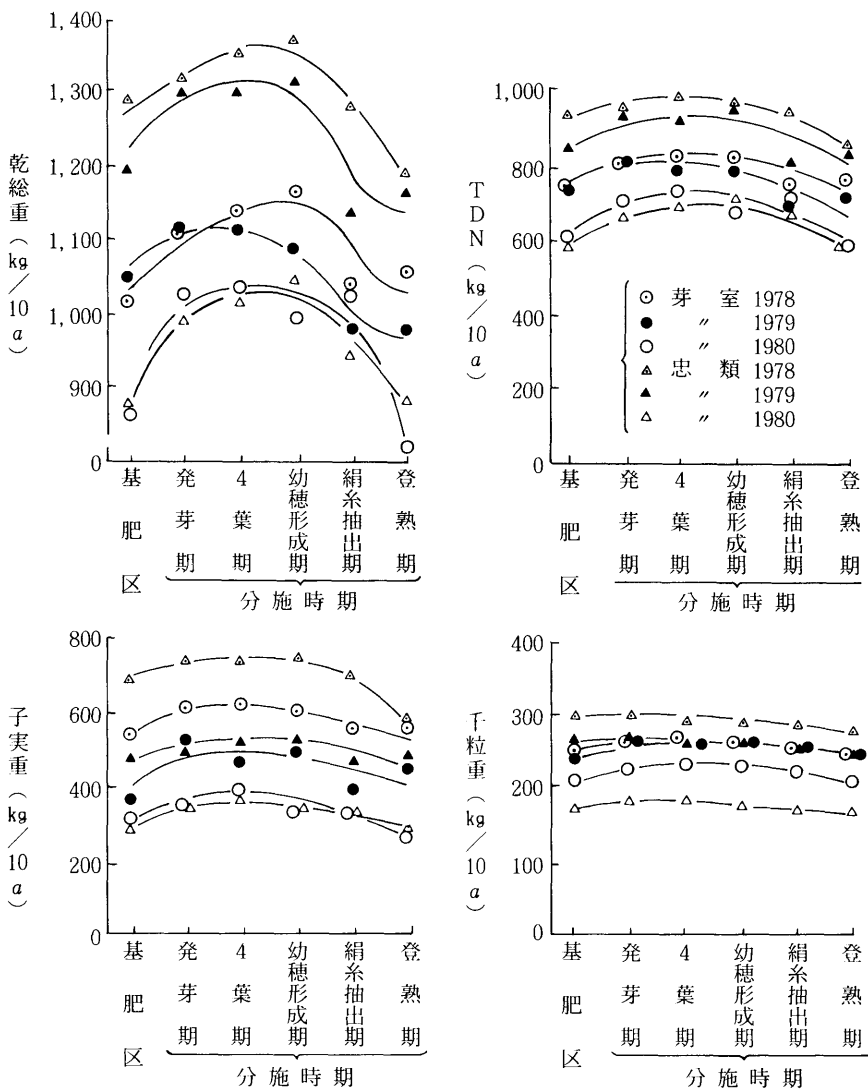
および登熟期の場合には無分施区とほとんど変らなかった。また、稈長および着雌穂高に対しては、分施時期の差が明瞭に示されなかった。

図Ⅲ-21は、収量等に及ぼす影響をみたものである。乾総重、子実重、子実重およびTDN収

- M・1 芽室：1978
- M・2 芽室：1979
- M・3 芽室：1980
- T・1 忠類：1978



図Ⅲ-20 分施時期の差が稈形質に及ぼす影響



図Ⅲ-21 分施時期が収量および千粒重に及ぼす影響

量に対する分施時期の効果は年次により差があるものの、発芽期、4葉期および幼穂形成期で高い傾向にあった。しかし、絹糸抽出期および登熟期における分施区は、無分施区と同じ程度かむしろ低い値となった。子実重に関連して千粒重をみると、忠類の1978年を除いて、発芽期、4葉期および幼穂形成期の分施区は若干高い値を示した。

表Ⅲ-22は、刈取後の土壌分析結果を示したものである。分施時期が遅れるに伴いPHは低

表Ⅲ-22 作物刈取後の窒素分施時期別の土壌成分 (1978)

分 施 時 期	土 壌 PH	無機態窒素	
		mmho/cm	% 乾土
無 分 施	5.6	0.122	0.038
発 芽 期	5.2	0.224	0.036
4 葉 期	5.4	0.166	0.038
幼穂形成期	5.1	0.381	0.035
絹糸抽出期	5.1	0.458	0.046
登 熟 期	—	—	—



下した。ECは幼穂形成期以降の分施肥区で高い値を示した。また、 $\text{NH}_4$ 、 $\text{NO}_3$ およびその含量である無機態窒素は絹糸抽出期における分施肥区で高い値を示した。

#### 4. 窒素の基肥量，分施肥および分施肥期の関係

##### (1) 試験方法

実用的な分施肥体系確立のためには、基肥量と分施肥および分施肥期の関係を検討する必要がある。そこで、本項では、これらの関係について具体的に検討しようとするものである。処理とその内容は表Ⅲ-23の通りで、無肥料が1区、基肥のみが5区および基肥+分施肥が4区であり、1981年にはこれらの一部を省いた。共通肥料成分は、 $\text{P}_2\text{O}_5$ が18、 $\text{K}_2\text{O}$ が10、 $\text{MgO}$ が5、 $\text{ZnO}$ が1 kg/10aである。1980年の資材は前項までと

表Ⅲ-23 試験方法と処理内容

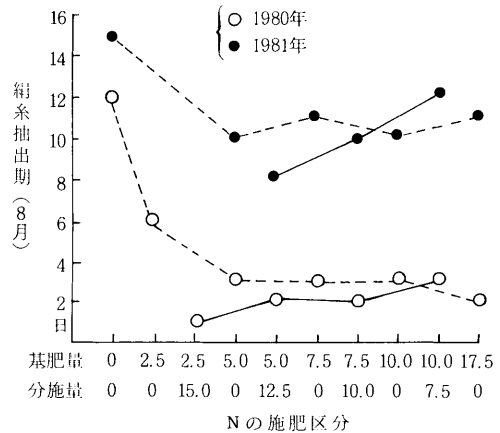
年次	基肥量	分施肥量	分施肥時期 (播種後の日数)	月日	日
	kg/10a	kg/10a			
1980	0	0	—	—	—
	2.5	0	—	—	—
	2.5	15.0	5.27	(16)	—
	5.0	0	—	—	—
	5.0	12.5	6.10	(30)	—
	7.5	0	—	—	—
	7.5	10.0	6.23	(43)	—
	10.0	0	—	—	—
	10.0	7.5	7.1	(56)	—
	17.5	0	—	—	—
1981	0	0	—	—	—
	5.0	0	—	—	—
	5.0	12.5	6.8	(28)	—
	7.5	0	—	—	—
	7.5	10.0	6.19	(39)	—
	10.0	0	—	—	—
	10.0	7.5	7.3	(58)	—
17.5	0	—	—	—	

注：1. 基肥はコーンプラントに着装した施肥機による。基肥施肥時期は両年度とも5月10日。分施肥は手により畦間に条施、後にレーキで表層を攪拌。  
2. 1区面積は27㎡

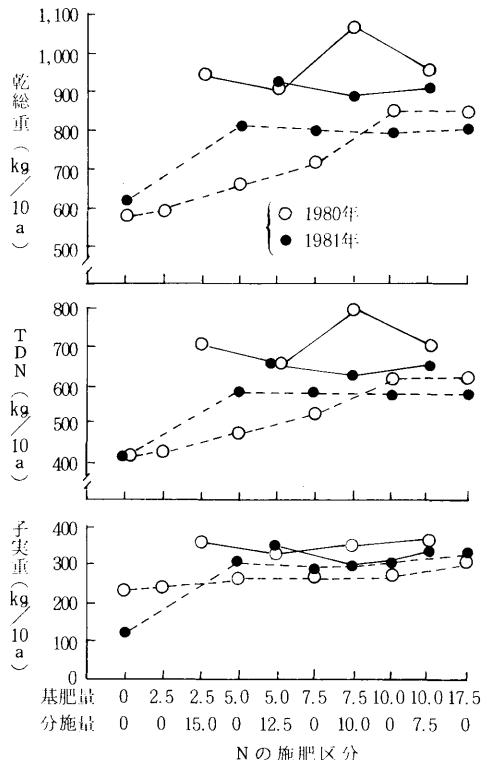
同様に「メサライト」を利用した単肥配合であり、また、1981年においては、本項の試験用として特注した化成肥料を用いた。

##### (2) 試験結果

図Ⅲ-22および23は、処理区ごとの絹糸抽出



図Ⅲ-22 Nの施肥区分(基肥量+分施肥)が絹糸抽出期に及ぼす影響



図Ⅲ-23 Nの施肥区分が収量に及ぼす影響

期と諸収量の関係を示したものである。窒素の基肥水準を 2.5 kg にして分施を早めた場合および 5.0 kg または 7.5 kg にして分施時期を漸次遅らせた場合のいずれにおいても、分施により絹糸抽出期の促進は明らかでなかったものの、諸収量は一様に増収した。しかし、基肥の窒素水準を 10.0 kg として分施時期をより遅らせた場合には絹糸抽出期は僅かながら遅れ、諸収量の増収効果も低かった。

また、高い分施効果が示された基肥窒素の 2.5、5.0 および 7.5 kg の 3 区について、年次間でそれらの効果をみれば、極低温年の 1981 年では基肥窒素を低水準として分施時期を早めた区の増収効果は平常年の 1980 年より低かった。

## 5. 考 察

本節における濃度障害は、作物が健全に生育する窒素水準を超えた場合に示されるいわゆる肥料焼けを含む反応として促えた。この症状は多岐であり、本実験においても不発芽ないしは枯死、発芽遅延、生育進度の遅延、葉部および根部の褐変枯死等がみられた。これらの症状は、圃場の発芽率と幼苗乾物重には集約されると考えられたので、濃度障害の程度の指標としてはこれらを用いた。

施肥位置に関して、本実験では種子から両側に各 3 cm ほど離すことによって濃度障害を回避でき、従って発芽も順調に行れ、稚苗の生育も良好であった。これに対し、施肥位置が種子に近い場合は、発芽障害や稚苗の生育不良が生じた。また、施肥位置は種子から 5 cm 内外と遠くなると稚苗の生育は低下したが、この原因は窒素による濃度障害は回避されたものの、主に磷酸の肥効が低下したことによるものであろう<sup>78, 125)</sup>。これらのことから、以後における実験では基肥は種子の両側各 3 cm に位置するようにした。

濃度障害発生 の程度は、発芽時や幼苗の初期におけるよりも、生育がある程度進んだ 5 葉期を中心とする時期で大きかった (図 III-14, 15)。

これは、初期には  $\text{NH}_4$  の濃度が高いものの、種子根と施肥位置の距離が大きいために濃度障害は少ないが、生育がある程度進んだ時点においては伸長した根が  $\text{NH}_4$  の高濃度に維持されている層に接するために濃度障害が著しくなったものと理解される。現地の農家において認められる近年の事例には、この例が多いと観察される。

生育中の個体乾物重およびその窒素含有量は、窒素水準が 7 kg 内外を超えると低下し、施肥窒素のみかけ上の利用率はさらに低い窒素水準下から低下している。これは、これ以上の高い窒素の水準下では、土壤中の窒素濃度が高すぎたために作物体が窒素を十分に吸収できなかったからである。

絹糸抽出期以降の生育収量に及ぼす影響は、絹糸抽出期では窒素水準 4.7 - 5.0 kg (1978 - 1979) 以上、稈長・着雌穂高・稈径では、窒素水準 7.0 - 7.5 kg 以上でほぼ一定の値となった。また、収量についてみれば、芽室では窒素水準 5.0 - 5.4 kg までは顕著に増収したが、これを超すと増収が鈍化し、7.0 - 7.5 kg または 9.3 - 10.0 kg 以上ではほとんど増収しなかった。忠類においても、ほぼ同様の傾向を示したが、窒素水準 17.5 - 18.7 kg ではむしろ減収した。そして、作物収穫後の土壤中における無機態窒素は、窒素水準 11.7 kg 以上では高い傾向があり、施用された窒素が十分吸収されていないことを示している。これらの結果から、適正な窒素の基肥水準を求めれば、概ね 7 - 8 kg/10 a と考えられる。

これまで述べてきた基肥の窒素水準の反応は、窒素の増肥効果と濃度障害による減収が相殺しあった結果として示されていることが示唆される。このことは、窒素の高水準を増収に結びつけるには濃度障害による減収分を除けばよいことになり、窒素の分施はそのための方法と考えることができる。

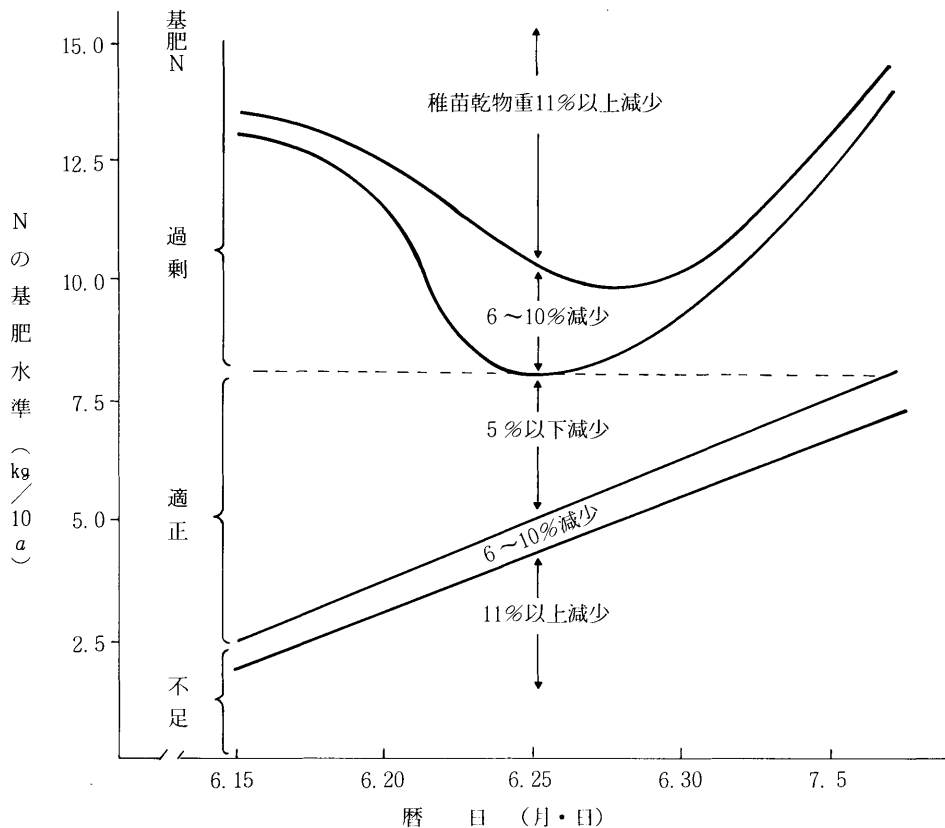
分施の場合の基肥窒素は、これまで述べてきたことから 7.5 - 10.0 kg とした。分施時期は 4 葉期を中心とする幼穂形成期以前の時期で効果

的であったが、絹糸抽出後および登熟期においてはほとんど効果がみられず、むしろ無分施肥区よりも低収となることもあった(図Ⅲ-21)。また、作物刈取り後の土壤中の無機態窒素は幼穂形成期以前における分施肥では一様に低い値を示したが、登熟期における分施肥では高い値を示し、分施肥された窒素が有効に利用されていないことが認められる。

すなわち、本節においては、原料生産上、濃度障害回避と施肥窒素の有効利用の立場から、窒素の分施肥時期は遅くとも幼穂形成期までの時期が適当であることが明らかとなった。本邦におけるトウモロコシの分施肥適期は、浦野<sup>199)</sup>によれば雄穂の側枝形成始め、また本州以南の各地で行われた結果も雌穂形成期および雌穂分化期とされている<sup>145)</sup>。これからみれば、本研究の分施肥の適期はかなり早い時期となった。この差

の原因は、寒地においては生育の進展が遅れるために、できるだけ早期に窒素を吸収し、栄養体を大きくしておく必要があるからであろう。

以上の適正な分施肥時期の解明に当たっては、基肥窒素を7.5~10.0 kgとすることを前提としている。しかし、すでに述べたように基肥窒素の水準により濃度障害と肥料不足の時期は共に異なり、また分施肥は常に中耕を伴い、中耕は除草剤の散布時期および薬効切れ後の諸作業との関連があるから、分施肥時期は常に同じとはならない。さらに、土壤肥沃度により適正な基肥窒素は異なる。従って、基肥窒素の水準と分施肥時期の関係が重要となる。そこで、本節のうち主に図Ⅲ-15から、基肥窒素の水準別に分施肥時期を推定する模式図を作成した。その模式図が図Ⅲ-24である。すなわち、例えば基肥窒素の水準5 kgの場合には、分施肥は6月25日頃までに



図Ⅲ-24 窒素の基肥水準別における分施肥時期の推定模式図

肥効が示されるように分施肥時期が決定されれば、濃度障害および肥料不足のいずれもさけられるが、基肥窒素の水準10kgにおける稚苗の乾物重は濃度障害により10%までの乾物重低下はさけられないことを示している。

濃度障害および窒素不足のいずれも土壌条件や気象条件に大きく左右されるので、それらの条件を含めて基準を簡略に模式化することは困難である。しかし、模式図のもとになった試験成績が、実際に利用されている施肥機によるものであり、また濃度障害および肥料不足の起こりやすい褐色火山灰土壌において、気象的に多様な条件の年次において得られたことを考慮すれば、相応に利用できると思われる。

本項のはじめに述べたように、濃度障害を回避するもう1つの方法として施肥位置を種子から遠く離すか、または施肥位置を分散して窒素の全量を基肥とすることおよび緩効性窒素の利用が考えられる。しかし、表Ⅲ-16および17の結果に示されるように施肥位置を過度に離れた場合、必ずしも十分な生育を示さなかった。F田ら<sup>188)</sup>もほぼ同様の効果を得ている。これには、窒素の効果が低下することのほか、リン酸の肥効が低下していることが大きな原因となっていると思われる。従って、将来窒素の全量を基肥とするには、窒素のみの施肥位置を変えることが必要であり、そのためには新型の施肥機を開発することが必要となろう。

## 6. 摘 要

肥料の濃度障害の主原因となっている窒素肥料の施肥改善を目的として、芽室および忠類において分施肥方法に関する体系的な実験を行った。共通肥料は単肥配合により、 $P_2O_5 : K_2O : MgO = 20 : 10 : 5 \text{ kg} / 10 a$ 内外、窒素資材は硫酸である。

1. 畦幅75および66cmにおいて、窒素の基肥水準7～8kg以上では実質的な濃度障害が認められ、幼苗の乾物重およびその窒素含量は低下した。また、窒素の基肥水準11.7kg以上では作物刈取後の土壌中に残存する無機態窒素が多かった。

2. そこで、窒素の効果を高めるために、窒素の基肥水準を7.5～10.0kgとし、10.0～7.5kgを分施肥水準としていくつかの生育時期に分施肥した。その結果、4葉期を中心として発芽から幼穂形成期ごろに至る期間においては分施肥効果が高く現われ、作物刈取後の土壌中の窒素残存量も少なく、分施肥時期として適当であることが明らかとなった。これに対し、絹糸抽出期および登熟期における分施肥はほとんど増収効果がないか、むしろ減収する傾向を示し、土壌中の残存量も多かった。

3. 窒素の基肥水準ごとの時期的な幼苗の乾物重推移から、窒素の基肥水準別の分施肥時期を推定する模式図を作成した。