

第Ⅵ章 総括および結論

寒地において、ホールクロップ・サイレージ用トウモロコシの高栄養価原料を安定多収にする目的をもって、寒地におけるトウモロコシの生育および登熟特性並びに障害発生等を明らかにすることによって、原料生産上の問題点を摘出し、それを解決するために不可欠と考えられる栽培法の改善および品種改良上において工夫された手法等を検討した。そして、これらを基礎にして高栄養価原料の地域別および作期別の安定生産を図るために、北海道の地帯区分を行うと共に、品種の早晩性の独自の標示法を工夫検討し、これによって地帯別および作期別の適正な品種選定の基準を作成した。以上について総括すれば、以下の通りとなる。

(Ⅰ) 寒地における生育特性とその問題点

- 1) 寒地における生育過程および登熟期の乾物蓄積経過を明らかにした。
- 2) 寒地における生育過程の基本的な特徴は、作期にほとんど余裕がないことであり、従って原料生産上の要点はこの限られた作期をいかに拡大しかつ有効に利用するかにあり、そして、その対処策は生育および登熟進展の向上に主眼をおくべきであると推論された。
- 3) 具体的な対処策として、栽培的には作期の拡大と有効利用のための早期播種、栽植密度の適正化および施肥法の改善である。品種的には早熟性品種の利用を前提として、作期の拡大と有効利用のための低温発芽性の向上、また作期の有効利用のための耐倒伏性および多収性の向上が必要であると推論された。
- 4) 熟期別のホールクロップの原料の乾物率は乳熟期までは20%以下であるが、以後は主に雌穂乾物率の上昇によって糊熟期に入って20%を越え、黄熟期初期から後期にかけては25~35%

となってサイレージ原料の適正乾物率に至る。成熟期から過熟期にかけての乾物率は35~40%となって、原料としては水分不足となる。すなわち、原料として適正な乾物率の範囲、25~35%に達するには可視的に判定される熟度が黄熟期となることが必要と認められた。

5) 各品種群の乾物率および TDN 収量の経時的増加は多くは雌穂の増加によって左右されていることが明らかとなった。早生品種群は早くから雌穂の増加がはじまるので、刈取時には黄熟期に達して高栄養価原料の多収が得られた。

6) 十勝中央部において、各品種群の乾物率、乾物重および TDN 収量の経時的推移からみると、早生品種群の刈取適期幅は約1週間であった。しかし、中生品種群のそれは短く、また晩生品種群では適期幅はなく、これらは共に登熟の進まないことに起因していた。

7) 十勝山麓沿海部においては、早生品種でも、早一・中刈期にかけては適正乾物率に達せず、中一・晩刈期にかけて達するにすぎない。中生および晩生品種群では、晩刈期においても乾物率15~20%の不良な原料しか得られなかった。

8) 以上から、寒地において高栄養価原料の多収を得るには、中央部においては早生と中生品種の配合がよいが、将来は、より適正な配合栽培のために両品種群の中間熟期の品種群が必要と推察された。山麓沿海部の現状では、早生品種のみの作付けとなるが、将来はより早熟な極早生品種群が必要と推察された。

(Ⅱ) 栽培法改善に関する研究

- 1) 作期の拡大および有効利用を図るという観点から、播種期、適正な施肥を伴った栽植密度および施肥法改善を検討した。
- 2) 早播による個体は、晩播によるものに比し

同一暦日下におけるよりも初期生育が良好であった。また、絹糸抽出期および登熟が早まり、雌穂または子実の登熟が旺盛となって、高栄養価原料の多収が得られた。さらに、早播による個体は、着雌穂高が低く、稈が太くなって頑健となるので、倒伏の発生は著しく少なかった。

早播に伴い懸念される晩霜害は、覆土深を3 cm内外とすれば、その実害はほとんど認められないまでに回復することが明らかにされた。

以上により、高栄養価原料の多収のために作期を拡大する早播きは実用的に有効に利用できる技術であることが明らかにされた。

3) 寒地における早生、中生および晩生品種群について、適正な施肥条件を伴った栽植密度の相違が原料生産に及ぼす影響を上勝地方の3場所において検討した。中央部の芽室における早生品種群の乾総重とTDN収量は、密植によって約30%増収して他の品種群とほとんど遜色ない多収となった。山麓部の新得および沿海部の忠類においても、密植による増収割合は中央部より劣るものの、早生品種群は密植によって晩生品種よりも僅かながら多収となることが認められた。

栄養評価の指標となる乾物率は、各品種群ともに密植によってもあまり変化しなかった。しかし、晩生品種群では密植による乾物中TDNの低下は他の品種群より多かった。また、密植による不稔・無効雌穂個体の発生は、早生品種群では少なかったが、晩生品種群では多くなり、この傾向は倒伏によって一層増加した。すなわち、早生品種群は、密植によっても原料の品質の低下の少ないことが認められた。

以上から、刈取時に黄熟期に達する早熟性品種は適正な施肥条件を伴った密植条件下で栽培されることによって、本来の原料の高栄養価をはばそのまま保持して、未熟な晩生品種よりも多収となることが明らかにされた。なお、将来の育種の方向として、原料の高栄養価・多収の品種育成には、早生および中生品種群の密植適応性と耐倒伏性の向上が効果的であると推察さ

れた。

4) 施肥法改善

現地においてみられる肥料の濃度障害の主要原因である窒素肥料の施肥法改善を目的として、体系的な実験を行った。共通肥料は、単肥配合により、 $P_2O_5 : K_2O : MgO$ が20:10:5 kg / 10 a 内外とした。窒素資材は硫酸である。

窒素の基肥水準7～8 kg以上で、実質的な濃度障害が認められた。また、窒素の基肥水準11.7 kg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。

そこで、窒素の基肥水準を7.5～10.0 kgの範囲として5つの生育時期に分施した。その結果、4葉期を中心とする発芽から幼穂形成期に至る時期は、分施効果が高く現れ、また作物刈取後の土壌中の残存量も少なく、分施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、施肥された窒素の土壌中における残存量も多かった。

窒素の基肥水準別の時期的な幼苗の乾物重推移から、窒素の基肥水準別の実用的な分施時期を推定する模式図を作成した。

(Ⅳ) 品種改良に関する研究

1) 寒地における生育および栽培技術等から、寒地において品種改良上対象となる主要な特性は低温発芽性、耐倒伏性および多収性と推察された。これら3つの特性向上のために、その検定方法等について検討した。

2) 作期の拡大および有効利用を目的として、種子の低温発芽性を、従来のCold testによるものとは異なって種子自体の低温発芽性、つまり低温下における種子の発芽能力を遺伝的特性としてとらえ、品種系統の育成選定上における検定法を検討した。その結果、検定種子と給与水またはそのいずれかをTMDT剤で処理し、これを10℃で12日間処理の結果と別に行った25

℃前後の常温下の発芽から、次式により得られる比較低温発芽勢を低温発芽性の指標として示すことが適当な検定方法であることを認めた。この場合、シャーレ内部と供試種子を殺菌剤により処理することは必須条件である。

$$\text{比較低温発芽勢} = \frac{\text{低温条件下の発芽勢}}{\text{常温条件下の発芽歩合}} (\%)$$

以上により得られた比較低温発芽勢は、実際の低温年次における3カ年の発芽期迄日数および1カ年の発芽勢との間には -0.725^{***} , -0.722^{***} , -0.455^* および 0.750^{***} , の有意性の高い相関係数を示し、低温発芽性の検定に利用しうることが認められた。しかし、従来の検定法による低温発芽率と低温条件下の圃場における発芽期迄日数および発芽勢との間に関係は認められなかった。本検定法により算出される比較低温発芽勢は実際の圃場における発芽を想定した系統の選抜に効果的に利用されてきており、今後の育種計画においても有効に利用できることが明らかとなった。

また、遺伝様式に検討を加えた結果、関与する遺伝子数は少なく、従って初期世代における選抜が効果的であると推定された。

3) 耐倒伏性品種育成による作期の有効利用を図る目的で、圃場で簡単に利用でき、また検定した個体が維持採種され、世代を継続できることを前提にして、耐倒伏性の簡易検定法として「引倒し法」を考案した。

検定方法は、雄穂の下部付近を手で掴んで、孤を抽くように地表に向けて引倒し、次いで地表近くで離す。この過程およびその後の復元状態によって「I」～「IV」パターンに区分して強弱を判定する。この方法による材料の評価は実際の倒伏発生割合とよく合致した。また、検定パターンは遺伝的に相加的で、親とそのF₁の関係うまく説明できた。また、実際に耐倒伏性の強い複交雑品種「ワセホマレ」の構成自殖系統「To15」は「引倒し法」によって選抜育成さ

れ、また他の3自殖系統も簡便かつ有効に評価された。以上により、耐倒伏性の交雑品種の育成には「引倒し法」による自殖系統の育成が有効であると判断された。

4) 作期の有効利用の立場から、原料の多収と品質の向上を目的として早晩性品種群および栽培諸条件に対して検討を加えると共に、品種の特性を解析して育種上に資しようとした。

乾総重を左右する広範な栽培および環境条件に対し、乾子実重または乾雌穂重と乾茎葉重の比率はある程度一定に保たれ、いずれかの増減によって乾総重が影響される度合は少ないことを明らかにした。このことから、高栄養価の原料の多収には雌穂乾物重の多い早熟性品種を選定し栽培することが重要であると判断された。

品種特性として、登熟期間の長い品種の乾物収量および非構造性炭水化物収量は短い品種よりも多収であった。この非構造性炭水化物収量は品種間で2倍の差は示す単・少糖類収量により左右された。また登熟期間の長い品種の茎葉乾物率は高く、これと単・少糖類含量との間には正の高い関係が認められた。従って、品種の育成選定上、雌穂および茎葉の乾物重の多収と共に茎葉の乾物率の高いことが重要であると判断された。

複交雑品種「ヘイゲンワセ」(組合せ: W41A × W79A・N19 × CM7) および「ワセホマレ」(組合せ: N19 × To15・CM37 × CMV3) とその単交雑に示される部位別乾物重および乾物率のヘテロシス効果から、両複交雑品種をより高能力とするための改良方策を検討した。

単交雑「N19 × To15」, 「W41A × W79A」, および「N19 × CM7」の能力を高めるにはSource能力の向上が、また「CM37 × CMV3」の能力を高めるにはSink能力の向上が必要であると推察された。遠縁同士単交雑によっても複交雑に示されるヘテロシスは小さく、従って優良な複交雑の育成には優良な単交雑の育成が不可欠であることを明らかにした。

(IV) 地帯別作期別品種配合に関する研究

1) ホールクロップの乾物率、25～35%の高栄養価の原料生産を目標として、北海道の地帯区分とそれぞれの区分における品種配合を試みた。

2) 地帯区分および品種の早晩性標示の根拠を得る目的で、各種の積算温度の一定性を検討した。その結果、0.1℃以上の日平均気温を積算する単純積算温度が各種の有効積算温度よりも一定性の高いことが認められた。この根拠についてみると、下限温度では10℃以下の温度自体が有効であることの他に、日中に数時間は保たれる良好な温度条件が寄与していると推察された。また、上限温度については、寒地では日平均気温が25℃以上に達する日は少なく、そのため上限設定の意義が低いことのほかに、降雨量がほぼ十分であるので、上限前後の高い温度も作物に有効に作用しているためと推察された。

3) サイレージ用トウモロコシの適正な品種の配合には、品種熟期の適格な標示が必要である。この点で、現行の「早～極晩」および相対熟度(RM)は必ずしも適当と思われない。そこで、北海道の温度条件とトウモロコシの生育特性を考慮した下記の「北海道相対熟度」(Hokkaido Relative Maturity 略称はHRM)を案出した。

$$\frac{\text{SHU} \cdot \text{G}}{\text{HU}} = \text{HRM (日数)}$$

ここで、分子は播種からホールクロップ原料のDM30%に至る日までの各品種に要求される日平均気温(最高+最低/2)のSHU、すなわちSHU・Gである。また分母は、北海道の平均的地域における生育期間中の平均的日平均気温を1熱単位とするもので、具体的には12場所における日平均気温16.9±1.2℃に近似して17.5℃とした。

以上の方法によって、北海道内で栽培されている代表的品種についてHRMを求めたところ、130日から154日の範囲にあった。

4) 単純積算温度150℃を1区の幅とし、北海道をAからFの6区に区分した。

次に各区に早晩性品種群の配合を試みたところ、本邦における酪農の中心地帯である道東・道北の主要部を占めるC、DおよびE区では130日台の早生品種を中心とする品種配合、また道央以南を占めるAおよびB区では同じく145日以上の中生品種群および晩生品種群を中心とする配合が適当であることを認めた。

DおよびE区の各作期において、半年で乾物率30%の原料を得る品種配合のためには、現在の早生品種「ワセホマレ」よりもさらに早熟な極早生品種群を育成する必要があることが推察された。

引用文献

- 1) 阿部 亮・堀井 聡 (1974) セルラーゼによる牧草細胞膜物質の分画とその応用. 日草誌. 20, 16-21.
- 2) 阿部 亮・名久井忠・櫛引英男ほか (1975) とうもろこしの品種・刈取時期と, とうもろこしサイレージの栄養価について. 日草誌. 21, 291-299.
- 3) 阿部 亮・堀井 聡 (1976) とうもろこしサイレージおよび乳牛用配合飼料中のデンプン定量法の検討. 畜試研報. 30, 27-32.
- 4) 阿部 亮・名久井忠・櫛引英男ほか (1977) とうもろこし早生品種「ヘイゲンワセ」の生育にともなう飼料価値の変化. 23, 77-83.
- 5) 阿部 亮 (1979) トウモロコシ・サイレージの飼料価値. 畜産の研究. 33, 751-757.
- 6) Adelana, B.O. and Milbourn, G.M. (1972) The growth of maize. II. Dry matter partition of three maize hybrids. J. Agric. Sci. Camb. 78, 73-78.
- 7) Aldrich, S.R. and Leng, E.R. (1975) Modern corn production.
- 8) Aless, J. and Power, J. F. (1971) Corn emergence in relation to soil temperature and seeding depth. Agron. J. 63, 717-719.
- 9) Andrew, R. H. (1954) Breeding maize for cold resistance. Euphytica 3, 108-116.
- 10) Andrew, R. H., Ferwerda, F. P. and Strommen, A. M. (1956) Maturation and yield of corn as influenced by climate and production technique. Agron. J. 48, 231-236.
- 11) Blackrow, W.M. (1972) Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.) Crop Sci. 12, 647-650.
- 12) Bondavalli, B., Dale, C. and Kroth, E. M. (1970) Effects of weather, nitrogen and population on corn yield response. Agron. J. 62, 669-672.
- 13) Brown, D.M. (1972) Heat units for corn in southern Ontario. Ontario Dep. of Agr. and Food. AGDEX. 111/31.
- 14) Bunting, E.S. (1949) Cold tolerance and early seedling growth in maize.
- 15) Burris, J.S. and Navratil, R.J. (1979) Relationship between laboratory cold test methods and field emergence in maize inbreds. Agron. J. 71, 985-988.
- 16) Campbell, C.M. (1964) Influence of seed formation of corn on accumulation of vegetative dry matter and stalk strength. Crop. Sci. 4, 31-34.
- 17) Carter, M.W. and Poneleit, C.G. (1973) Black layer maturing and filling period variation among inbred lines of corn (*Zea mays* L.) Crop Sci 13, 436-439.
- 18) Cauderon, A. (河原栄治抄訳) (1960) フランスの雑種トウモロコシの特に早生化について. 農及園. 35, 1575-1578.
- 19) Chang, H.S., Loesh, P.J. Jr. and Zuber, M.S. (1976) Effects of recurrent selection for crushing strength on morphological and anatomical stalk traits in corn. Crop Sci. 16, 621-625.
- 20) Cloninger, F.D., Zuber, M.S. and Horrocks (1974) Synchronization of flowering in corn (*Zea mays* L.) by clipping young plants. Agron. J. 66, 270-272.

- 21) Coppock, C.E. (1969) Problems associated with all corn silage feeding. *J. Dairy Sci.* 52, 848-858.
- 22) Crane, P.L., Efrain, D.B., Rivera, J.A. and Toro J.C. (1966) Stalk strength of strains of maize of Colombia, Ecuador. and Venezuela as measured by rind thickness. *Crop Sci.* 6, 210-212.
- 23) Cross, H.Z. (1975) Diallel analysis of duration and rate of grain filling of seven inbred lines of corn. *Crop Sci.* 15, 532-535.
- 24) Dunn, K.M., Fly, R.E., Huffman, C.F. and Duncan, C.W. (1955) The value of corn silage and recombined corn silage in respect to milk production. *J. Dairy Sci.* 38, 58-64.
- 25) Duncan, W.G., Hatfield, A.L. and Rogland, J.L. (1965) The growth and yield of corn. II. Daily growth of corn kernels. *Agron. J.* 57, 221-223.
- 26) Drake M., Ishizuka, Y. and Gotoh K. (1962) Corn grain and silage yield in Hokkaido, Japan. *Agron. J.* 54, 43-46.
- 27) Donald, H. (1969) Supplementing corn silage. *J. Dairy Sci.* 52, 859-870.
- 28) Dickson, J.G. (1923) Influence of soil temperature and moisture on the development of the seedling blight of wheat and corn caused by *Gibberella saubinetii*. *Jour. Agr. Res.* 23, 837-870.
- 29) Dessureaux, L., Neal, N.P. and Brink, R.A. (1948) Maturation in corn. *J. Am. Soc. Agron.* 40, 733-745.
- 30) Denmead, D.T. and Shaw, R.H. (1960) The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52, 272-274.
- 31) Daynard, J. B. and Kannenberg, L. W. (1976) Relationships between length of the actual and effective grain filling periods and the grain yield of corn. *Can. J. Plant Sci.* 56, 237-242.
- 32) Daynard, J.B. and Hunter, R.B. (1975) Relationship among whole plant moisture, grain moisture, dry yield, and quality of whole plant corn silage. *Can. J. Plant Sci.* 55, 77-84.
- 33) Daynard, J. B., Tanner, J.W. and Hume, D.J. (1975) Contribution of stalk soluble carbohydrates to grain yield in corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 9, 831-834.
- 34) Daynard, J. B., Tanner, J. W. and Duncan, W.G. (1971) Duration of the grain filling period and its relation to grain field in corn, *Zea mays* L. *Crop Sci.* 11, 45-48.
- 35) 江原 薫 (1970) 栽培学大要. 養賢堂. 東京. 75.
- 36) Edward, A.F. and G.W. Cleveland (1972) Manage corn silage for maximum value. *Uni. College of Agric. Current Inform. Series No 188.*
- 37) Ferwerda, F.P. (1953) Methods to synchronize the flowering time of the components in crossing plots for the production of hybrid seed corn. *Euphytica.* 2, 127-134.
- 38) Eagles, H.A. and Hardacre, A.K. (1979) Genetic variation in maize (*Zea mays* L.) for germination and emergence at 10°C. *Euphytica.* 28, 287-295.
- 39) Funk, C.R., Anderson, J.C., Johnson, M.W. and Atkinson, R.W. (1962) Effects of seed source and seed age on field and laboratory performance of field corn. *Crop Sci.* 2, 318-320.
- 40) Geasler, M.R., Henderson, H.E. and Huber, J.H. (1968) Relationship of corn silage maturity to yield per hectare. *J. Ani. Sci.* 27, 1181.
- 41) Geasler, M.R., Henderson, H.E. and

- Hawkins, D. R. (1967) Relationship of corn silage maturity to steer performance. *J. Ani. Sci.* 26, 1467.
- 42) 源馬琢磨, 釣岡 勉 (1973) トウモロコシ耐倒伏性程度の一指標. 日本育種学, 作物学会北海道談話会会報. 13, 50.
- 43) Genter, C. F., Jones, G. D. and Carter, M. T. (1970) Dry matter accumulation and depletion in leaves, stem, and ears of maturing maize. *Agron. J.* 62, 535-537.
- 44) Gilmore, E. C. Jr. and Rogers, J. S. (1958) Heat unit as a method of measuring maturity in corn. *Agron. J.* 50, 611-615.
- 45) Goring, H. K., Hemken, R. W. Clark, N. A. and Vandersall, J. H. (1969) Intake and digestibility of corn silages of different maturities, varieties and plant populations. *J. Ani. Sci.* 29, 512-518.
- 46) Gordon, C. H. (1966) Storage losses in silage as affected by moisture content and structure. *J. Dairy Sci.* 50, 397-403.
- 47) Gordon, C. H., Derbyshire, J. C. and Van Soest, P. V. (1968) Normal and late harvesting of corn for silage. *J. Dairy Sci.* 51, 1258-1263.
- 48) Halluar, A. R., and Russell, W. A. (1962) Estimates of maturity and its inheritance in maize. *Crop Sci.* 2, 289-294.
- 49) Hayes, H. K., Johnson, I. J. and Starkman, E. C. (1933) Reaction of maize seedling to *Gibberella saubinetii*. 23, 905-911.
- 50) 北海道農務部 (1966) 草地管理資料. No. 41-3, 1-15.
- 51) 北海道農務部 (1974) 昭和49年度普及奨励ならびに指導参考事項. 99, 31-35.
- 52) 北海道農務部 (1976) 昭和51年度普及奨励ならびに指導参考事項. 99, 36-39.
- 53) 北海道立農試ほか (1979) 天北地方におけるサイレージ用トウモロコシ導入に関する試験成績.
- 54) Hanway, J. J. (1962) Corn growth and composition in relation to soil fertility : I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yield. *Agron. J.* 54, 145-148.
- 55) Hanway, J. J. and Russell, W. A. (1962) Dry matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plant : Comparisons among single-cross hybrids. *Agron. J.* 61, 947-951.
- 56) Hemken, R. W., Clark, N. A., Goeling, H. K. and Vandersall, J. H. (1971) Nutritive value of corn silage as influenced by grain content. *J. Dairy Sci.* 54, 383-389.
- 57) 北農試 (1967) 北海道農業技術研究. 99, 406-416.
- 58) 北農試・道立中央農試 (1977) 畑作物奨励品種候補の審査ならびに評価の基準. 9-10.
- 59) 北農試作物部作物第2研究室 (1965) 玉蜀黍試験成績書. 60-64.
- 60) 北農試家畜導入研究室 (1978) 高エネルギートウモロコシサイレージの調整と利用に関する試験. 昭和54年度の指導参考事項.
- 61) Ho, W. C. (1944) Soil inhabiting fungi attacking the roots of maize. *Iowa Res. Bull.* 332, 402-446.
- 62) Holmes, R. M. and Robertson, G. W. (1959) Heat units and crop growth. Canada Department of Agric. Public. No. 1042.
- 63) Hooker, A. L. and Dickson, J. G. (1952) Resistance to pythium manifested by excised corn embryos at low temperature. *Agron. J.* 44, 443-447.
- 64) Hooker, A. L. (1953) Correlation of resistance to eight pythium species in seedling corn. *Phytopath.* 43, 476.

- 65) Hooks, J. A. and Zuber, M. S. (1963) Effects of soil and soil moisture levels on cold-test germination of corn. *Agron. J.* 55, 453-455.
- 66) Hoppe, P. E. (1955) Cold testing seed corn. *Wis. Agr. Exp. Stn. Bull.* No 507.
- 67) Hoyt, P. and Bradfield, R. (1967) Effect of varying leaf areas by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54, 523-525.
- 68) Huber, J. T., Graff, G. C. and Engel, R. W. (1965) Effect of maturity of nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 48, 1121-1123.
- 69) Huffman, C. F. and C. W. Duncan (1949) The nutritive value of alfalfa hay. III. Corn as a supplement to an all alfalfa ration for milk production. *Jour. Dairy Sci.* 32(5), 465-474.
- 70) Hume, D. J. and Campbell, D. K. (1972) Accumulation and translocation of soluble solids in corn stalks. *Can. J. Plant Sci.* 52, 363-368.
- 71) 飯田克実 (1977) サイレージ用トウモロコシの品種および栽培と利用. 畜産の研究. 31, 779-785.
- 72) 井上康昭 (1978) 北海道におけるトウモロコシ育種の現状と今後の方向. 日本育種学会. 日本作物学会北海道談話会会報. 16回シンポジウム, 1-8.
- 73) 井上康昭・岡部 俊 (1979) トウモロコシ耐倒伏性の一検定法. 日本育種学会. 作物学会北海道談話会会報. 19, 26.
- 74) 石毛光雄・山田 実・志賀敏夫 (1983) 判別関数を用いたトウモロコシの耐倒伏性の評価とその計量遺伝的検討. 農技研報D 35, 125-152.
- 75) 石栗敏機 (1972) 粗飼料の飼料価値査定に関する研究 (第3報) 青刈とうもろこしサイレージの品質改善と飼料価値査定に関する試験. 新得畜試研報. 3, 1-12.
- 76) 石栗敏機 (1974) 熟期別トウモロコシ「交4号」サイレージの飼料価値. 日草誌20, 92-98.
- 77) 石栗敏機・勾坂昭吾 (1979) 空知地方におけるサイレージ用トウモロコシの飼料価値 1. トウモロコシサイレージの栄養推定法の再検討. 滝川畜試研報. 16, 31-34.
- 78) 石塚喜明・林 満・尾形昭逸・原田 勇 (1964) 畑作物に関する施肥位置に関する研究(3). 土肥誌. 35, 159-164.
- 79) 石塚喜明・金 雄桂 (1967) トウモロコシの栄養生理学的研究 (第1報) 生育に伴なう同化産物の生成と養分吸収に関する研究. 土肥誌. 38, 407-412.
- 80) 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, 75-89.
- 81) 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, 63-130.
- 82) 岩田文男・大久保隆弘 (1975) トウモロコシの生育ならびに体内成分の推移に関する研究 (第10報) 葉身の切除が乾物生産と不稔雌穂発現に及ぼす影響. 日本作物学会東北支部会報. 17, 56-57.
- 83) Iwata, F. (1975) *JARQ.* 9, 13-17.
- 84) Johann, H. (1928) A pythium seedling blight and root rot of dent corn. *J. Agr. Res.* 37, 443-464.
- 85) Johann, H. (1969) Further studies on *Penicillium* injury to corn. *Phytopath.* 19, 105.
- 86) Jugenheimer, R. W. (1958) Cold Tolerance. Hybrid maize breeding and seed production. *FAO.* 134-139.
- 87) Josefson, L. M. (1962) Effect of potash on premature stalk dying and lodging of corn. *Agron. J.* 54, 179-180.

- 88) Johnson, D.R. and Tanner, J.W. (1972) Comparisons of corn (*Zea mays* L.) inbred and hybrids grown at equal leaf area index, light penetration, and population. *Crop Sci.* 12, 482-485.
- 89) 金川直人・藤岡幸助ほか (1979) 北部根室地域におけるサイレージ用とうもろこし栽培の実績検討について. 北海道草地研究会報. 13, 40-42.
- 90) 金木良三 (1957) 播種期を異にした玉蜀黍の地下部生育について. 農学集報. 3 (4), 427-435.
- 91) 金子幸司 (1972) わが国におけるトウモロコシ育種の現状と対策. 農及園. 47, 291-294, 429-432.
- 92) 金子幸司・長谷川春夫・井上康昭ほか (1975) とうもろこし新品種「ホクユウ」について. 北農試研報. 110, 97-111.
- 93) Kopacs, S. (1971) Correlation of maize yield with heat-sum and rainfall. *Eucarpia*. 245-246.
- 94) Kendrick, E.L. (1953) The influence of environment on the physiology and pathogenecity of pythium species on corn seedlings. *Phytopath.* 43, 477.
- 95) 木根淵旨光・工藤 純・西入恵二・杉本文午 (1968) 機械化作業に伴う環境変動ととうもろこしの生育反応に関する研究. 2. 播種の深さを異にしたとうもろこしの発芽並びに生育に対する播種時気温の影響. 東北農試研究速報. 9, 45-49.
- 96) Koehler, B., Dungan, G.H. and Burlison, W.L. (1934) Maturity of seed corn in relation to yielding ability and disease infections. *Jour. Am. Soc. Agron.* 26, 262-274.
- 97) 根釧農試 (1980) 根釧地方におけるサイレージ用とうもろこし導入試験. 北海道農業試験会議資料.
- 98) 櫛引英男・国井輝男 (1966) 「とうもろこし」の霜害に関する調査. 北農. 33(11), 49-51.
- 99) 櫛引英男 (1971) とうもろこしの発芽に関する耐冷性とその検定法に関する研究. 1. 現行法の問題点について. 道立農試集報.
- 100) 櫛引英男・仲野博之 (1974) トウモロコシの子実収量と茎葉収量の関係. 日作紀. 43 (別号. 2), 81-82.
- 101) 櫛引英男 (1978) 北海道におけるトウモロコシ栽培の現状と問題点. 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会会報. 16回シンポジウム, 8-16.
- 102) 櫛引英男・仲野博之・桑島昭吉 (1979) サイレージ用トウモロコシ新品種「ワセホマレ」の育成について. 道立農試集報. 41, 91-103.
- 103) 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. 日草誌. 25, (2), 128-135.
- 104) 櫛引英男 (1980) 十勝地方におけるサイレージ用トウモロコシ地帯別適品種区分図. 十勝農協連.
- 105) 櫛引英男・長谷川寿保 (1983) 異常低温年における積算温度の一定性. 道立農試集報. 50, 25-33.
- 106) Lechtenberg, V.L., Muller, L.D., Bauman, L.F., Rhykerd, C.L. and Barnes, R.E. (1972) Laboratory and in vitro evaluation of inbred and F_2 populations of Brown mid-rib mutants of *Zea mays* L. *Agron. J.* 64, 657-660.
- 107) Leng, E.R. (1963) Component analysis in inheritance studies of grain yield in maize. *Crop Sci.* 3, 187-190.
- 108) Lana, E.P. and Haber, E.S. (1952) Seasonal variability as indicated by cumulative degree hours with sweet corn. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 59, 389-391.
- 109) Liebhardt, W.C. and Murdock, J.T. (1965)

- Effect of Potassium on morphology and lodging of corn. *Agron. J.* 57, 325-328.
- 110) Loesh, P. J., Calvert, O. H. and Zuber, M. S. (1962) Interrelations of Diplodia stalk rot and two morphological traits associated with lodging of corn. *Crop Sci.* 2, 469-472.
- 111) Loesh, P. J., Zuber, M. S. and Grogan, C. O. (1963) Inheritance of crushing strength and rind thickness in several inbred lines of corn. *Crop Sci.* 3, 173-174.
- 112) Loeffgen, P. A. and Warner, R. G. (1970) Influence of various fiber sources and fractions on milk fat percentage. *J. Dairy Sci.* 53, 296-304.
- 113) Loomis, W. E. (1945) Translocation of Carbohydrates in maize. *Science* 101 (2625) 398-340.
- 114) McConnell, R. L. and Gardner, C. O. (1979) Selection for cold germination in two corn populations. *Crop Sci.* 19, 765-768.
- 115) Makrawathana, W. and Wasuwat, S. (1965) Studies on fungal flora of corn seed in Thailand. *Inter-Asian Crop Improvement Workshop*. 2, 243-253.
- 116) Marton, H. (1973) Heat unit differences for germination of maize. *Maize Gen. Coop. News Letter*. 47, 214-216.
- 117) Mederski, H. J., Miller, M. E. and Weaver, C. R. (1973) Accumulated heat units for classifying corn hybrid maturity. *Agron. J.* 65, 743-747.
- 118) 宮坂 昭 (1974) 作物の倒伏と根—作物の形態と機能12—, 農業技術. 29(3), 107-112.
- 119) 望月 昇・濃沼圭一 (1982) ホールクロップ用飼料作物 (トウモロコシ, ソルガム) の耐倒伏性. 昭和56年度作物育種部門総括検討会議資料. II, 51-52.
- 120) 望月 昇 (1982) 最近のトウモロコシ品種と育種事情. 農及園. 57, 873-879.
- 121) Mock, J. J. and Eberhart, S. A. (1972) Cold tolerance in adapted maize populations. *Crop Sci.* 12, 466-469.
- 122) Mock, L. L. and Bakri, A. A. (1976) Recurrent selection for cold tolerance in maize. *Crop Sci.* 16, 230-233.
- 123) Mock, J. J. and Skrdra, W. H. (1978) Evaluation of maize plant introductions for cold tolerance. *Euphytica*. 27, 27-32.
- 124) Moore, R. R. and Goodsell, S. F. (1965) Tetrazolium test for predicting cold test performance of seed corn. *Agron. J.* 57, 489-491.
- 125) 森 哲郎・渡辺公吉・藤田 勇 (1961) 十勝火山性高丘地土壤における施肥法に関する研究 (第1報) 肥料の発芽に及ぼす影響. 北農. 28(2), 6-8.
- 126) 森 行雄 (1954) 熟度を異にする玉蜀黍種子についての2, 3の実験. 農及園. 29, 923-924.
- 127) 森 行雄 (1956) 発芽保護剤による玉蜀黍の不発芽防止. 北農. 23, 281-286.
- 128) 森 行雄 (1959) 玉蜀黍の耐冷性に関する研究. 日本育種作物学会北海道談話会会報. 2, 17-18.
- 129) 森 行雄 (1964) トウモロコシの低温不発芽の原因とその対策. 農及園. 39, 1079-1083.
- 130) 森 行雄 (1978) サイレージ用トウモロコシの栽培と利用. ホクレン農業協同組合連合会資料.
- 131) Moss, D. N. (1964) Optimum lighting of leaves. *Crop Sci.* 4, 131-136.
- 132) Muller, L. D., Barnes, R. F., Bauman, L. F. and Colenbrander, V. F. (1971) Variations in lignin and other structural components of brown mid-rib mutants of maize. *Crop Sci.* 11, 413-415.
- 133) Muller, L. D., Lechtenberg, V. L., Bauman,

- L. F., Barnes, R. F. and Rhykerd, C. L.
(1972) In vivo evaluation of a brown mid-rib mutant of *Zea mays* L. *J. Animal Sci.* 35, 883-889.
- 134) Musick, G. J., Fairchild, M. L., Ferguson, V. L. and Zuber, M. S. (1965) A method of measuring root volume in corn (*Zea mays* L.) *Crop Sci.* 5, 601-602.
- 135) 仲野博之・国井輝男・櫛引英男 (1975) とうもろこし新品種「ヘイゲンワセ」の育成について. 道立農試集報. 33, 31-38.
- 136) 仲野博之 (1973) トウモロコシの耐倒伏性に関する研究 1. 根系の自殖系統間差異. 日本育種学会・作物学会北海道談話会会報. 13, 48.
- 137) 中山 包 (1969) 農林種子の発芽. 119-120.
- 138) 名久井忠・櫛引英男・阿部 亮ほか (1975) とうもろこし早生品種「ヘイゲンワセ」「ホクユウ」のサイレージとしての飼料価値. 日草誌. 21, 300-307.
- 139) Nelson, K. ほか (1976) 乳牛の最近の飼養技術と搾乳管理—日本とアメリカの酪農の違い—. 畜産の研究. 30, 1077-1087.
- 140) Nevens, W. B., K. E. Harshbarger, R. W. Touchberry and G. H. Dungan (1954) A method for estimating the money value of corn silage. *Univ. Ill. Bull.* 576, 1-16.
- 141) 日本気象協会北海道本部 (1966-1977) 北海道の気象. 10-21.
- 142) 日本気象協会北海道本部 (1956-1977) 北海道の気象. 1-21.
- 143) 野口弥吉監修 (1961) 農学大辞典. 養賢堂. 東京. 1612-1616.
- 144) 野口弥吉監修 (1961) 農学大辞典. 養賢堂. 東京. 399.
- 145) 農業技術大系. 作物編. 7. 基礎編 (1977). 111. 東京. 農文協.
- 146) 農林省農業改良局 (1956) 主要畑作物品種の特性. 農業改良技術資料第79号.
- 147) 農水省技術会議事務局. 草地試験場 (1978) 牧草・飼料作物系統適応性検定試験実施要領.
- 148) 農水省技術会議事務局 (1983) 農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究 (グリーンエネルギー計画). 250-251, 271-279.
- 149) O'dell, G. D., King, W. A. and Cook, W. C. (1968) Effect of grinding, pelleting, and frequency of feeding of forage on fat percentage of milk and milk production of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 51, 50-55.
- 150) Ontario Department of Agriculture and Food (1965) Corn silage. *Ontario Agr. Coll. Guelph Publi.* No. 92.
- 151) 大橋義弘・太田 孝・羽根田利吉 (1967) 青刈り用トウモロコシの倒伏に関する研究. 静岡県農試研報. 12, 154-161.
- 152) 大山嘉信・井上司郎・小川キミエ (1966) 草サイレージ調製の際の成分変化—とくに炭水化物に着目して. 畜試研報. 10, 1-8.
- 153) Paul H. and Richard, B. (1962) Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. *Agron. J.* 54, 523-525.
- 154) Pešev, N. V. (1970) Genetic factors affecting maize tolerance to low temperatures at emergence and germination. *TAG.* 40, 351-356.
- 155) Pinnel, E. L. (1949) Genetics and environmental factors affecting corn germination at low temperature. *Agron. J.* 41, 562-568.
- 156) Roy, N. N. and Everett, H. L. (1963) seed production, fertility levels and cold test germination in corn. *Crop Sci.* 3, 273-274.
- 157) Rutzer, J. N. (1969) Relationship of corn

- silage yield to maturity. *Agron. J.* 61, 68-70.
- 158) Sayer, J. D. (1948) Mineral accumulation in corn. *Plant Physiol.* 23, 267-281.
- 159) Shaw, R. H., and Thom, H. C. S. (1951) On the phenology of field corn: Silking to maturity. *Agron. J.* 43, 541-546.
- 160) Singh, T. P. (1970) Association between certain stalk traits related to lodging and grain yield in maize (*Zea mays* L.) *Euphytica*. 19, 394-397.
- 161) 新得畜試草地飼料作物科 (1972) 青刈とうもろこしサイレージの品質改善と飼料価値査定に関する試験成績. 昭和46年度指導参考事項.
- 162) Sprague, G. F. and Bryan, A. A. (1940) The segregation of genes affecting yield prepotency, lodging, and disease resistance in F_3 and F_4 lines of corn. *J. Ame. Soc. Agron.* 32, 207-214.
- 163) Stephan, M. D. and Crane, P. L. (1976) Recurrent selection for rind thickness in maize and its relationship with yield, lodging, and other plant characteristics. *Crop Sci.* 16, 53-55.
- 164) 須藤 浩・内山仙二・筆保謙吾・奥島史郎 (1956) サイレージの調製法に関する研究 (7報) サイレージ調製のためのトウモロコシの刈取適期. *日草誌.* 2, 59-66.
- 165) 須藤 浩 (1958) エンシレージ調製の理論と実際(2). 畜産の研究. 12, 1133-1138.
- 166) 須藤 浩 (1958) エンシレージ調製の理論と実際(3). 畜産の研究. 12, 1257-1262.
- 167) 須藤 浩 (1963) 青刈トウモロコシの刈取適期とサイレージの品質. 畜産の研究. 16, 1193-1196.
- 168) 滝沢康孝 (1977) 農業技術大系(作物編7) 農文協. 東京. 102-104.
- 169) 高野信雄 (1963) デントコーン栽培とサイレージおよび給与(1). 畜産の研究. 17, 315-318.
- 170) 高野信雄 (1967) コーンサイレージの品質改善と評価法に関する研究. 北海道農業試験場報告. 70.
- 171) 田中 明・石塚喜明 (1969) 同上(第2報) 生育相の展開に伴う無機養分および炭水化物の集積・移動経過. 土肥誌. 40, 113-120.
- 172) 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、乾物生産と子実収量に与える影響. 土肥誌. 40, 498-503.
- 173) 田中 明・早川嘉彦 (1971) トウモロコシの栄養生理学的研究(第8報) ヘテロシスの栄養生理学的解析. 土肥誌. 42, 237-242.
- 174) 田中 明・藤田耕之輔 (1971) トウモロコシの栄養生理学的研究(第7報) 乾物生産における Source と Sink の相対的意義の解析. 土肥誌. 42, 152-156.
- 175) 田中 明・山口淳一・山根正弘 (1970) トウモロコシの栄養生理学的研究(第4報) 栽植密度反応とその品種間差異. 土肥誌. 41, 363-368.
- 176) 田中 明 (1975) Source-sink 関係よりみた多収性の解析—水稻およびトウモロコシについて—. 育種学最近の進歩. 15, 29-54.
- 177) Tanaka, A. and Yamaguchi, J. (1972) Dry matter production, yield components and grain yield of the maize plant. *J. Fac. Agric. Hokkaido Uni.* 57, 71-132.
- 178) 谷 信輝・鈴木義則 (1967) トウモロコシの倒伏. 農業気象. 23(1), 31-32.
- 179) 館 陟・広瀬昌平・森 一男 (1954) 冷温多湿土壌下の玉蜀黍種子の発芽におよぼす薬剤塗布の効果. 北農研抄. 1, 58.
- 180) 館 陟・桑島昭吉 (1954) 土壌の冷温多湿が玉蜀黍の発芽におよぼす影響. 北農研

- 抄. 1, 54.
- 181) 館 陟・広瀬昌平 (1954) 玉蜀黍の冷温多湿発芽性の品種間並に自殖系統間差異. 北農研抄. 1, 55-56.
- 182) Tatum, L. A. and Zuber, M. S. (1934) Germination of maize under adverse condition. J. Am. Soc. Agron. 35, 48-59.
- 183) Tatum, L. A. (1954) Seed permeability and cold test reaction in *Zea mays* L. Agron. J. 46, 8-10.
- 184) 天北農試 (1980) 天北地域におけるサイレー用早生とうもろこしの栽培法に関する試験成績. 北海道農業試験会議資料.
- 185) The National Research Council (1978) Nutrient requirement of dairy cattle. No. 3.
- 186) Thompson, D. L. (1970) Specific gravity of corn stem sections. Crop Sci. 10, 15-17.
- 187) Thompson, D. L. (1972) Recurrent selection for lodging susceptibility and resistance in corn. Crop Sci. 12, 631-634.
- 188) 戸田節郎・長田 進ほか (1965) 玉蜀黍栽培における施肥位置に関する研究一特に初期生育について一. 北農. 32(4) 4-7.
- 189) 戸田節郎・森 行雄・長谷川春夫・阿部幹夫 (1955) 有効積算気温による玉蜀黍生育区分 (北海道地域) 設定に関する一考察. 北農研究抄報. 2, 84-85.
- 190) 十勝農試とうもろこし科 (1965) 冷害年次におけるとうもろこしの播種期試験成績. 北海道農業試験会議資料.
- 191) 十勝農試とうもろこし科 (1976) トウモロコシ高栄養サイレー原料生産に関する試験. 昭和52年度の指導参考事項.
- 192) 十勝農試とうもろこし科 (1978) とうもろこし育種試験成績書. 26-28.
- 193) 十勝農試とうもろこし科 (1982) 昭和56年の異常気象と十勝の畑作物. 十勝農試資料. 7号.
- 194) Tollenaar, M. (1977) Sink-source relationship during reproductive development in maize. A review (1) Maydica. 22, 49-75.
- 195) 戸沢英男・長谷川寿保 (1983) 寒地におけるトウモロコシのチッソ分施 (2). 農業技術. 38(9). 396-399.
- 196) 坪松戒三 (1969) 牧草サイレーを主体とした乳牛飼養法確立に関する研究. 北海道立農業試験場報告. 17.
- 197) 浦野啓司・坂口 進・田中 明 (1958) トウモロコシの雌穂分化過程について. 長野農試研報. 1, 39-42.
- 198) 浦野啓司・坂口 進 (1961) 異なる播種期におけるとうもろこしの生育および収量について. 日作紀. 30, 193.
- 199) 浦野啓司 (1963) 作物体系第3編雑穀類. トウモロコシ. 54-55. 東京. 養賢堂.
- 200) 浦野啓司 (作物大系, 第3編, 雑穀類. トウモロコシ. 養賢堂. 東京. 56-59.
- 201) 浦野啓司・滝沢康孝 (1965) 播種期を異にした場合のとうもろこしの生育および収量について (第1報) 密植栽培における生長量. 日作紀. 33, 443-453.
- 202) Van Soest, P. J. (1963) Ruminant fat metabolism with particular reference to factors affecting low milk fat and feed efficiency. A review. J. Dairy Sci. 46, 204-216.
- 203) Weaver, D. E. Coppock, C. E., Lake, G. B. and Everett, R. W. (1978) Effect of maturation on composition and in vitro dry matter digestibility of corn plant parts. J. Dairy Sci. 61, 1782-1788.
- 204) William, C., O'dell, G. D., Kutches, A. K. and Lavker, R. (1970) Supplemental corn silage or balad hay for correlation of milk fat depressions produced by feeding pellets as the sole forage. J. Dairy Sci. 53, 208-214.
- 205) Winter, S. R. and Pendleton, J. W. (1970)

- Results of changing light and temperature regimes in a corn field and temperature effects on the apparent photosynthesis of individual leaves. *Agron. J.* 62, 181-184.
- 206) 箭原信男 (1966) サイレージ用有機酸定量法の検討. 北農試彙報. 90, 55-60.
- 207) 山口淳一・原 徹夫・田中 明 (1970) 作物の生長効率に関する研究 (第2報) トウモロコシの生育に伴う生長効率の変遷. 土肥誌. 41, 73-77.
- 208) Zuber, M.S. and Grogan, C.O. (1961) A new technique for measuring stalk strength in corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 1, 378-380.
- 209) Zuber, M.S. and Loesh, P.J. (1966) Effects of years and location on stalk strength in corn (*Zea mays* L.). *Agron. J.* 58, 173-175.
- 210) Zuber, M.S. and Loesh, P.J. (1966) Total ash and potassium content of stalk as related to stalk strength in corn (*Zea mays* L.) *Agron. J.* 58, 426-428.

Studies on the Improvement of Cultural Practices and Varieties for Whole Crop Silage Maize in Cold District, Hokkaido.

Hideo Tozawa

Summary

Aiming to produce stably high yielding, high nutritive maize as a whole crop silage materials, studies on the improvement of cultural practices and of breeding techniques were carried out in the cold district of Japan during 1963–1982. In addition, how to combine varieties of different maturity at different zones and growing seasons was tried to examine.

I. Growing characteristics and problems on production in cold district

1. Growing process and dry matter accumulation of maize in the ripening period in the cold district were investigated.
2. The basic pivot of silage materials production in the cold district is limited growing season without any time to spare, so naturally, the principle of production depends on the extension of the growing season and its effective utilization. Then, the countermeasure for the limited growing season is the improvement of plant growth and maturation.
3. As the concrete countermeasures, early sowing, fertilization amelioration and planting densities amelioration in cultural practices, improvement of low temperature germinability, lodging resistance and yielding ability assuming that the introduction of early varieties in view of varieties choice were found to be some of the most important measures to extend and maximize the growing season.
4. Dry matter content (DM%) of whole crop materials at each stage in the ripening period was noticed that it was below 20% until and during the milk stage. However, due to the ear development, it reached above 20% in the dough stage, and 25–35% in the early to late dent or glaze stage which might be the adequate DM contents as silage materials. DM% in the full ripening stage and after that is about 35–40% which was lacking in moisture content as silage materials. In summary, it is recognized that the adequate cutting time is the dent or glaze stage, when DM content of whole crop materials 25–35%.
5. Increase of the dry matter and TDN yields during the ripening period depended mostly on ear development in all varieties. In early varieties, increase of ear dry matter began at

on earlier stage of the ripening period so that the early varieties could reach the dent or glaze stage at the cutting time, producing high yield of good materials.

6. Concerning DM%, dry matter weights and TDN yields at the ripening stage, the desirable cutting time in the central of Tokachi region lasted a week for the early varieties, shorter than a week for the medium varieties and actually zero day for the late varieties respectively. The last two groups of varieties couldn't get the complete maturation in this regions.

7. In the coastal and piedmont parts, even early varieties only became to show proper DM% in the late over mid cutting time, but not in the early over mid cutting time. In the same areas, the materials of the medium and late varieties gained only 15–20% of DM even in the late cutting time when they indicated low nutritive values.

8. In conclusion, for increasing the production of high nutrient materials in the cold district, in the central part, cropping combination of the early and medium maturing varieties is recommended at the present, but it may be necessary in the near future to develop new varieties having medium maturity between the existing early and medium varieties. Only the earliest maturing variety is useful in the piedmont and coastal parts to produce high nutrient materials closing enough DM% at the present. It is need to develop new varieties having earlier maturity than the present earliest varieties.

II. Improvement of cultural practices

1. Planting date, plant population with adequate fertilization and fertilization amelioration were studied to expand the growing season of maize and utilize it more effectively in the cold district.

2. Early planted crop was superior to late planted in the growth of early stage, the earliness of silking and ripening. Consequently, it brought the high yields of nutritive materials through increase of the matters accumulated in grains and ears. It was also observed that the early planted crop had lower ear height, thicker stem, sturdier growth and less remarkable lodging than the late planted one. Moreover, late frost injury was not recognized as actual damage in the crop early planted under complete land preparation being covered 2 ~ 3 cm of with soil.

From the above-mentioned, it is recognized the early planting expands the growing season effectively to obtain higher production of high by nutritive silage materials.

3. The effects of planting densities on dry matter or TDN yields and nutritive value of silage materials for several varieties were investigated under the proper fertilizer application at Memuro in the central part, Shintoku in the piedmont part and Churui in the coastal part in the cold district.

a. In the central part, dry matter or TDN yields of the early varieties increased by about 30% in dense planting and was almost the same to that of maturing groups. Increase of yield in the coastal and piedmont parts was lower than in the central part. However, the yield of the dense planted early varieties were higher than that of the late varieties.

b. There was little difference of dry matter content, as an indicator of the quality of silage materials the early and medium varieties, between the two planting densities, but TDN in the dry matter of late varieties decreased a little in dense planting compared with others.

c. High rates of barren plants and nubbin ear plants were observed in the dense planted late varieties compared with others, and those rates were augmented by the increase of lodging. The nutritive value of silage materials for the early varieties was affected scarcely by dense planting.

In conclusion, silage materials yielded in the dense planted and well fertilized with early varieties achieving the dent or glaze stage at the cutting time were clarified to show higher yields with essential qualities than the late varieties which were at premature stage on the same cutting date. In addition, improvement of the adaptability for high planting density and lodging resistance of early and medium maturing varieties seemed to be effective in maize breeding aiming at high yielding of high nutrient silage materials.

4. Experiment on the fertilization amelioration were performed in Memuro and Churui to find out the better application method of nitrogen fertilizer which was the main cause of fertilizer injury.

It was recognized that the basal nitrogen fertilizer caused fertilizer injury by the application of 7 - 8 kg or more per ten ares at the row spacing of 66 or 75 cm. The mineral nitrogen remained in the soil after cutting increased by the basal nitrogen application over the 11.7 kg per ten ares.

The side dressing trials were performed to increase the effect of nitrogen fertilizer. Total amount was 17.5 kg/10a as N. 7.5 - 10.0 kg was applied as the basal fertilizer, and the rest was applied as side dressing at the different growth stages of the plant. The period before the young ear formation stage centering the four leaf stage was found as adequate period of the side dressing because of the effects on the growth and yield. The mineral nitrogen remained in the soil after cutting was lessened in the above-mentioned side dressing. On the other hand, in case of side dressing at the silking or ripening stage, the effects on yield were almost none or adverse and the higher level of mineral nitrogen was observed to remain in the soil after harvesting.

The model being presumed the adequate side dressing time was drawn based on the dry matter weight accumulation in the seedling stage with different level of basal nitrogen fertilizer application.

III. Improvement of varieties

1. Raising low temperature germinability of seeds, lodging resistance and yield potential varieties was presumed as the main objective on the breeding of silage maize in the cold district. Appropriate techniques to measure these characters were examined.

2. Aiming at the expansion and effective utilization of growing season, a low temperature germinability test of maize seeds was investigated. This test was different from the widely

used standard cold test, because the present test was derived from the view point of inherited characteristics of seed germination vigor under low temperature conditions. The seeds treated with the fungicide (TMDT) were kept at 10 °C for 12 days in petri-dishes. The relative low temperature germination rate as an indicator of low temperature germination was calculated from the results obtained by this cold test and by the test of germination at room warm temperature as follows (about 25 °C).

$$\text{Relative low temperature germination rate} = \frac{\text{Germination rate at cold temperature}}{\text{Germination percentage at warm test}} (\%)$$

Inbred lines being higher in the relative low temperature germination rate showed shorter period from seeding to germination and higher germination rate.

The number of days required for half emergence and emergence percentage in the field were correlated fairly well with the relative low temperature germination rate indicating $r = -.725^{**}$ and $-.750^{**}$ respectively. However, any relatively high correlation was unnoted between the two and the low temperature germination rate by the existing method. This new method could be applied effectively for improving the low temperature germinability, and it was supported by the results brought on mode of inheritance, too.

3. For the purpose of evaluating lodging resistance practically, a simple "Bow pulling test" method was devised as a simple and useful method in the field without any permanent damage to the tested plant and its progenies.

In the "Bow pulling test", the understem immediately below the tassel of the plant is grasped and pulled to the ground as if drawing a bow, then, it is ingrasped near the ground. The behavior of the tested plant during the "Bow pulling" and after angrasping is being classified into four patterns and the lodging resistance of the plant can be estimated accordingly.

A number of inbred lines and hybrids were examined by the test and the results were well correlated positively with natural lodging in the field during several years. The patterns obtained from this test were genetically additive and the relation of inbred lines to their hybrids was explained well by the pattern and the rate of lodging.

"To15", a lodging-resistant inbred line and one of constituents of "Wase-homare", was selected by the "Bow pulling test". Three other inbred lines of "Wase-homare" were successfully evaluated by this test.

The "Bow pulling test" is hardly applied to hybrids having high stem. Thus it is recommendable to use the "Bow pulling test" for inbred lines and natural lodging test for hybrids in the breeding program of high lodging resistance varieties.

4. To increase the yield and nutritive value of silage materials through the effective use of growing season, experiments and analyses on varietal and cultural conditions were performed for contributing to breeding and choice of varieties.

Under wide range on the cultural and environmental conditions such as plant density,

fertilizer level and low temperature treatment and clipping in the seedling period, the ear (or grain)-stover ratio was almost constant. In conclusion, it is judged that planting of the early maturing varieties having large ear dry weight is essential for high yield of high nutrient materials.

Within same silking varieties, varieties with the longer maturing period showed higher yields of the dry matter and of non-structural carbohydrate than those of the shorter varieties. It was recognized that differences of non-structural carbohydrate yields among varieties depended mainly on the differences of their mono-oligo saccharide yields amounted twofold in some cases. In the stover, a high positive correlation between dry matter content and mono-oligo saccharide content was confirmed among the varieties of longed maturing period. It is recognized that the breeding program of maize for whole crop silage should be performed through increasing dry matter content in the stover as well as increasing dry matter weight in the ear and the stover.

Heterosis effects on dry matter weight and dry matter content in different plant parts were studied, using two commercial double cross hybrids, "Heigen-wase" ($W41A \times W79A \cdot N19 \times CM7$) and "Wase-homare" ($N19 \times To15 \cdot CM37 \times CMV3$), as well as four single crosses which were the components of the two double crosses, to find out the direction of upgrading the double crosses. The results suggested that the improvement the single crosses for excellent hybrids should be performed through upgrading the source ability of $N19 \times To15$, $W41A \times W79A$ and $N19 \times CM37$ and expanding the sink capacity of $CM37 \times CMV3$. It is confirmed that developing of single crosses having high productivity are necessary, because heterosis effects in double crosses are little even between single crosses combined between inbred lines destanded.

IV. Variety combination at different zones and growing seasons

1. A map of variety distribution at and combination based on 25-35% of DM yield at the harvesting period in Hokkaido was presented to lead the production of high nutritive whole crop silage materials.

2. For the purpose of zoning in the cold district and obtaining an evidence of maturing difference among varieties, different methods of obtaining accumulated temperatures were compared using the meteorological data obtained at various locations in Hokkaido in 1963-1977, to find out the most appropriate heat accumulation method. Consequently, the simple or revised heat unit (SHU or RHU) which accumulated daily mean temperature above 0°C showed better utility than others.

As their reasons, even where the daily mean temperature was below 10°C , seed germination or seedling emergence was observed, and grain yield or kernel weight was increased during the maturing period. In addition to this, it was recognized that maize plant were physiologically active under the condition of daily mean temperature below 10°C , because daily maximum temperature reached over 10°C for several hours a day.

Since there are few days showing higher than 25°C of daily mean temperature in Hokkaido,

it hardly needs to apply higher temperature limitation. Moreover, it is supposed that high temperature itself might give good effects on crop growth under the condition of sufficient rain-falls.

3. Suitable indication showing different maturity of varieties is necessary for obtaining proper combination of the varieties of silage maize. Current indications such as "Early-late" and "Relative maturity" of varieties are devoid of the accuracy and utility. Then, "Hokkaido relative maturity" (HRM) based on the temperatures in relation to maize growth in Hokkaido was devised HRM was calculated by:

$$\text{SHU.G/HU} = \text{HRM (Days)}$$

in which, Hu is the average daily mean temperature from the 11th of May to the 5th of October at 12 various locations in Hokkaido district, and SHU.G is the simple or revised heat unit accumulation based on daily mean temperature by $(\text{Max.} + \text{Min.}) / 2$ from the seeding to the best cutting time for silage materials, that is 30% of DM in whole crop. HRM calculated on "Heigen-wase", "Wase-homare", "Daiheigen" and "Hokuyu" are 130, 130, 134 and 147 days respectively.

4. Hokkaido district was classified into six zones one range of each zone having the simple heat unit accumulations of 150 °C.

In the zones of C, D and E, it is estimated that the combination of varieties are constituted mainly of early varieties with 130 days HRM and supplementarily of medium varieties. In the zones of A and B situated in the warmer areas in Hokkaido, the combinations are estimated to be constituted of medium and late varieties over 145 days HRM. In the zones of D and E, there is no variety which has 30% of dry matter content at usual cutting time at the present. So, it may be recommended to grow only early maturing varieties at the present expecting success of breeding a new better earlier varieties.