



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	とうもろこしの乾物生産と気象要因
Author(s)	中世古, 公男; NAKASEKO, Kimio; 吉田, 稔 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 8(1), 40-48
Issue Date	1971-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11820
Type	departmental bulletin paper
File Information	8(1)_p40-48.pdf



とうもろこしの乾物生産と気象要因

中世古公男・吉田 稔

(北海道大学農学部農学科食用作物学講座)

Effects of climatic factors on the dry matter production in corn

Kimio NAKASEKO and Minoru YOSHIDA

(Department of Agronomy, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received November 30, 1970

I. 緒 言

作物の生長は生育期間における気象要因の変動により大きく左右される。また、その最終収量は、これら生育期間における気象要因の変動に対する作物自体の反応の総合的、異積の結果とみなすことができる。したがって、収量と気象要因との関係を定量的にとらえることは困難であるが、これら両者の関係を究明することは、育種ならびに栽培技術の改良上きわめて重要な課題であることはいうまでもない。

従来、この方面の研究は、収量を気象要因の直接的な影響としてとらえる観点から解析されてきたため、生育期間中における作物の生長と気象要因との相互関係はほとんど無視されてきた。しかしながら、上述したように、収量は生育期間中の多数要因の累積の結果であることから、収量と気象要因との関係は、生長—収量—気象要因を一つの系として包括してとらえ、解明する必要があるものと考えられる。

近年、植物の生長をその基礎的生理作用である光合成作用からとらえようとする物質生産に関する研究が世界的に活発に行なわれ、多くの基礎資料が集積され、作物の生長を光合成—乾物生産—収量という一つの系に統一して、環境因子の影響を評価しうる解析法が確立されつつある。

筆者らは1966年より開始された国際生物学事業計画^{4,5)}(IBP: International Biological Programme)のPP section(生物生産の諸過程: Production Processes)

「栽培植物による一次生産力の地域的評価に関する研究」に参加し、とうもろこしの地域的生産力と環境条件の測定を分担し、これまで予備試験も含めて4年間の測定資料が得られている。本報では、札幌における資料を中心に、同課題による盛岡および桔梗ヶ原の資料も含めて、とうもろこしの乾物生産と気象要因との関係について検討した。ここにその結果の概要を報告する次第である。

なお、本研究は文部省特定研究「生物圏動態」の一部をなすもので、昭和41~44年度科学研究費によって行なわれたことを附記し、感謝の意を表する。

II. 材料及び方法

とうもろこし交4号を供試し、北海道大学農学部附属農場に播種した。播種期は1966年度5月20日、1967年度5月16日、1968および1969年度5月15日である。供試圃場は前年度エン麦・クローバー混播圃で、11月プラウによる秋耕(約25cm)、4月下旬ローター・ベーターにより耕耘整地された地力均一、排水良好な壤土である。栽植様式は75×30cm(444.4株/アール)で、1株3粒播とし、6月中旬1本立とした。施肥はアール当硫酸アンモニア3kg、過りん酸石灰3kg、硫酸カリ2.25kgの割合で全量基肥として施用した。区制は4反復とし、各反復区に7つのsampling plotを設けた。所要総面積は1224m²である。

調査時期は網糸50%抽出期を中心生育stageとし、前後3回、3週間ごとに行なった。中心生育stageが予定定期日よりずれたときは、以後この日を基点として3週

データを引用した成績書は「玉蜀黍の最大乾物生産率と太陽エネルギー利用率の試験」の標題のもとに行なわれた札幌(分担者、田口啓作・吉田稔)、盛岡(分担者、栗原浩・大久保隆弘)および桔梗ヶ原(分担者、町田暢)における1966~1969年の各成績書である。

間ごとに sampling を続行した。sampling 法は各区において 20 株につき生育調査（草丈、葉数、分けつ数）をし、その中から平均的な生育を示す 5 株ずつ、合計 20 株を採取して地上部生体重を秤量後、部位別とし、熱風乾燥（80°C-72 時間）後、乾物重を測定した。根は 75×30×30 cm（深さ）を掘り起こして採取の上、水洗して測定した。また、葉面積は生育中庸な 4 株（各区から 1 株）の全葉面積を自動葉面積測定装置により測定し、面積重を求め葉面積指数を算出した。

気象観測資料は北海道大学農学部附属農場気象月報による。ただし、日照時数については札幌気象台資料を参照した。

なお、盛岡および桔梗ヶ原においては供試品種および栽培法はやや異なる（後述）が、調査方法は上述と同様の規準で行なわれた。

III. 結果ならびに考察

1. 生育経過

1966 年度は播種期の早ばつによりいちじるしく発芽が遅れ、生育は全般に遅れ気味に経過し、絹糸抽出期は平年（8 月 1~3 日）より約 20 日遅れた。このため、登熟はいちじるしく不良であった。1967 年度および 1968 年度は生育期間全般にわたり順調に経過した。1969 年度は播種後 6 月上旬にいたる間、低温、寡照条件に経過したため、発芽が遅れ初期生育はきわめて不良であった。6 月中旬から 7 月中旬にかけて高温、多照でいちじるしく生育が進み、絹糸抽出期における地上部の生育は平年以上となったが、絹糸抽出期は平年よりやや遅れ 8 月 8 日であった。8 月に入って天候は再び不順となり、多雨で日照が少なく、9 月上旬から平年並みに回復したものの登熟は不良であった。10 月 1 日、風雨にみまわれ葉身は黄化し、生育は停止した。

2. 乾物生長

各年次における部位別乾物重の推移を Fig. 1 に示した。これによると、前述したごとく生育の経過にかなりの年次間差異が認められるにもかかわらず、絹糸抽出期を中心 stage としてみた各部位の乾物生長の様相はきわめて類似している。すなわち、葉身乾物重は 7 月に入ると急激に増大し始め、絹糸抽出期に最大となり、その後は平行的に経過する台形型の推移を示した。葉鞘+稈の乾物重は 7 月上旬は葉身乾物重に劣るが、絹糸抽出期約 3 週間前から稈の伸長にともなって急激に増大し、1 週間後には葉身乾物重にほぼ等しくなり、絹糸抽出期にはその約 2 倍に達した。1966、1967 および 1968 年度は絹

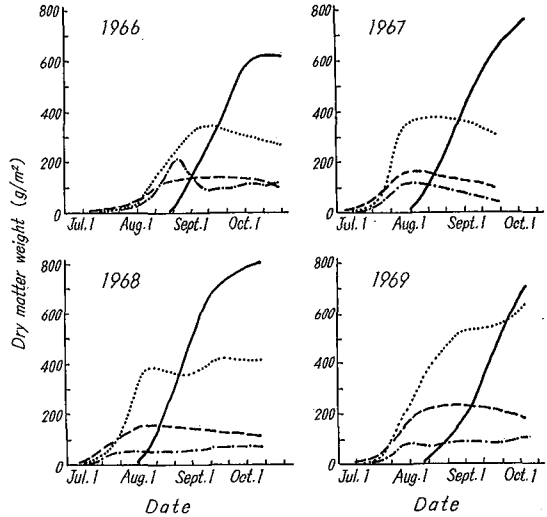


Fig. 1. Changes of dry matter weight of each organ.

Note. --- : Leaf blade — : Ear
 : Leaf sheath + culm - · - : Root

糸抽出期以降、葉鞘+稈の乾物増加はほとんどみられず、年次変異も小さく、多少の変動はあるが、登熟後期までほぼ平行的に推移した。これに反し、1969 年度は絹糸抽出期に停止することなく、絹糸抽出後約 3 週間目まで急速に増大し、登熟後期には他の 3 年のおよそ 1.5 倍に達した。雌穂乾物重は絹糸抽出期より直線的に急速な増大を続け、登熟後期にいたり増大程度は漸次減少した。1969 年度は絹糸抽出直後の増加程度は他の 3 年に比し小さい状態を経過したが、登熟後期に増加量が比較的大きく、ほぼ直線的に推移した。根の乾物重は葉身乾物重と同様、絹糸抽出期に最大に達し、その後の変動は小さかった。

一般に、とうもろこしは絹糸抽出期までに栄養生長を完了し、その後は雌穂のみの生長に移行するとされている²⁾。本研究においても、1966~1968 年の 3 年間は上述と同様の傾向を示したが、1969 年度は絹糸抽出期以降においても葉鞘+稈の乾物増加が認められた。この増加は、同年度に設定された分けつ除去処理区においてはみとめられないことから、分けつ稈の増加によってもたらされたものと推定される。

3. 生長パラメーターの推移

前述のように、各年次における乾物生長の様相は、絹糸抽出期を中心とした場合きわめて類似しているが、暦日についてみると、その生育経過にかなりの相違が認められ、暦日による生長の比較検討は植物体の異なった発

Table 1. The growth stage that the sampling date were adjusted at standard growing stage or half silking date

Growth stage	Days from half silking stage	Date*	Days* after planting	Characteristics	Hanway's stage
I	-63~-42	May 21~Jun. 20	5~ 26	Seedling stage H** -5~30 cm, L*** -2~6	0~1.5
II	-42~-21	Jun. 21~July 11	27~ 47	Rapid leaf development H** -30~80 cm, L*** -6~11	1.5~3
III	-21~ 0	July 12~Aug. 1	48~ 68	Culm elongation and rapid dry matter accumulation H** -80~220 cm, L*** -11~15	3~5
IV	0~ 21	Aug. 2~Aug. 22	69~ 89	Dough stage	5~7
V	21~ 42	Aug. 23~Sep. 12	90~110	Premature stage	7~9
VI	42~ 63	Sep. 13~Oct. 3	111~131	Mature stage	9~10

* Standard date (days), in case of planting date, May 15

** Plant height

*** No. of leaves

育段階を含み、誤った結論を引き出す危険性がある。この点に関して、TYNER (1947)¹⁰⁾ および HANWAY (1963)²⁾ は形態、生理的 age を基礎とした sampling を行なう必要性を指摘している。特に HANWAY はこの点を考慮して、とうもろこしの全生育過程を 10 stage に分類した。

本試験においては、生育過程を絹糸抽出期を中心 stage として、前後に 3 stage ずつとり、3 週間間隔に 6 stage に分類した。以後この stage を基礎として解析、検討

を進めた。ただし、stage I は資料の不足から、また、stage VI については、測定された葉面積に黄化した光合成不活性部分が含まれることから除外した。各 stage の平年における暦日、播種後日数、stage の特徴および HANWAY の stage との関係は Table 1 に示した。

Fig. 2 に示した各生長パラメーターの推移についてみると、LAI はいずれの年次も絹糸抽出期前 42 日目から急速に増大し、絹糸抽出期に最大となり、以後漸次減少する推移を示した。1966 および 1968 年の両年度は最大値が約 3.1 で、推移の様相もまったく同様に経過しているが、1967 および 1969 年度の最大値はそれぞれ 4.0 および 4.8 であった。また、これら最大値の年次間差異は、その推移の様相から、stage III における葉面積の増加程度の差異によりもたらされたことがわかる。

RGR は stage II に最大で、stage IV にかけて急速に低下し、stage IV および V 間ではほとんど差がなく経過した。RGR は時間以外に環境要因によって変動することが指摘されている³⁾。本試験においても Fig. 4 に示すように、stage IV においては各気象要因との間に強い相関関係が認められた。しかしながら、各 stage における年次変異はきわめて小さく、生育(時間)にともなうパターンと気候タイプとの間には、一定の対応関係が存在するものと考えられる。

つぎに CGR についてみると、いずれの年次においても stage III に最大となり、最高値は 1969 年度における 25.9 g/m²/day であった。その後、stage III から IV にかけて急減し、stage V にやや大きくなる 2 頂型の推移

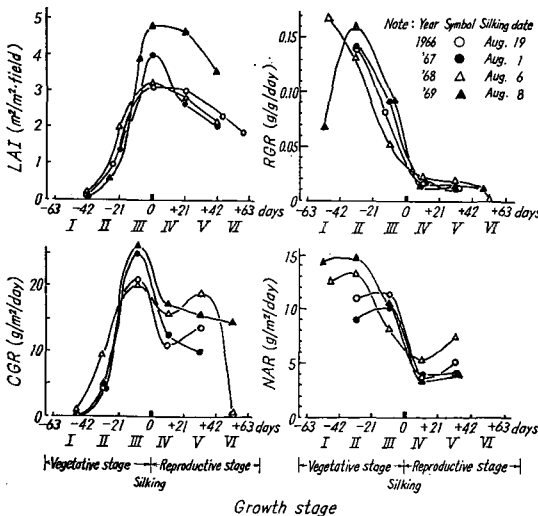


Fig. 2. Seasonal changes of growth parameters (LAI, RGR, CGR and NAR) adjusted at silking date.

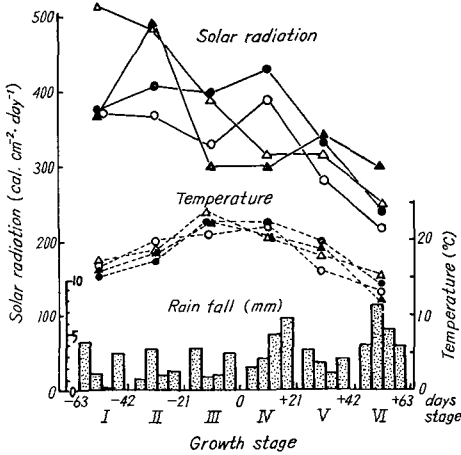


Fig. 3. Climatic conditions in each stage.

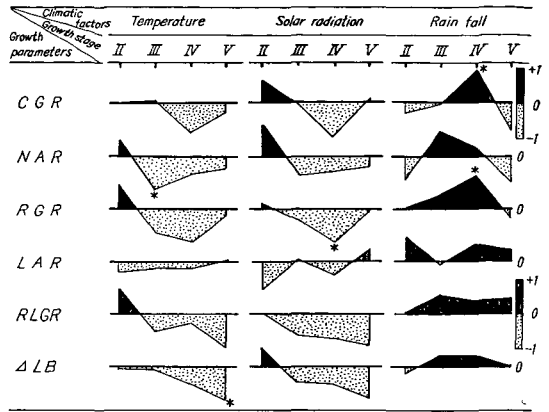
Note: Symbols are the same with Fig. 2.

を示す年次 (1966 および 1968) と stage IV から V にかけて漸減する年次 (1967 および 1969) とが認められた。CGR は LAI と NAR との積で表わされることから、これら両者との関係についてみると、栄養生長は主に LAI と、登熟期は NAR と強く対応していることがわかる。

NAR は栄養生長期の stage II および III に高く、絹糸抽出期直後の stage IV には栄養生長期の 1/3 ~ 1/2 に低下し、stage V にやや大きくなる逆 S 字型の推移を示した。そこで Fig. 3 について、stage III および IV の各気象要因を比較してみると、日射量、気温および降水量はそれぞれ、 357 ± 57 , 357 ± 56 cal/cm²/day, 22.6 ± 1.3 , $21.4 \pm 0.9^\circ\text{C}$, および 2.4 ± 1.3 , 4.1 ± 1.9 mm/day で降水量は stage IV に多いが、日射量および気温にはほとんど差が認められない。これらのことから、stage III から IV にかけての NAR の低下は、主に植物体の要因の変化によるものと推察される。これら植物体の要因の変化は、一般に指摘されているように、i. age にともなる単葉の光合成能力の低下、ii. 葉面積の増加にともなる相互遮蔽の増大、iii. 光合成系の量に対する非光合成系の量の割合の増大にともなる呼吸による消耗量の増大の他に、iv. 雄穂抽出による光の遮蔽¹¹⁾ が考えられる。さらには、stage IV において、NAR と葉鞘 + 稈ならびに雌穂の乾物増加程度との間にはそれぞれ -0.784 および 0.785 の強い相関関係が認められ、sink の差異が NAR の変動に関与していることがうかがえる。

4. 生長パラメーターと気象要因との関係

各 stage における個々の生長パラメーターと各気象要因との単純相関係数を Fig. 4 に示した。これらの相関係数は 4 年間のみ資料によるため、その信頼性は低



*: Significant at 5% level.

Fig. 4. Correlation coefficients between climatic factors and growth parameters in each growth stage.

いが、ある程度制限因子を抽出することができよう。

まず、CGR および RGR についてみると、stage IV において共に気温および日射量と負、降水量との間には正の高い相関関係が認められるが、一方では気象要因相互間にも高い相関 (0.8 以上) があるため、単純相関解析法では制限因子を抽出することは出来ない。そこで、偏相関係数を求め、気象要因相互間の影響を打消して、CGR と気象要因との関係について検討したところ、気温および日射量との間には相関がなく、降水量との間に高い相関が認められ、stage IV においては平均降水量 2.2 ~ 6.4 mm/day の範囲において、なお降水量が制限因子となっていることが明らかとなった。

とうもろこしの生育と水分要因との関係については多くの報告がなされているが、BREIBELBIS¹⁾ (1958) はとうもろこしの水分消費量は幼苗期の 5 ~ 6 月に少なく、7 ~ 8 月にきわめて多いことを報告しており、また、RUNGE⁶⁾ (1968) は、とうもろこしは花粉飛散期を中心とする期間に土壤水分張力に最も鋭敏であることを指摘している。さらに、山崎¹²⁾ (1952) は、絹糸抽出期を中心とする 1 カ月間の降水量と収量との間に密接な正の相関があり、7, 8 月の乾燥期における灌漑が増収にきわめて効果的であることを報告¹³⁾ している。stage IV は絹糸抽出直後の期間で、同化産物の大部分は雌穂に蓄積され、その量は完熟期における雌穂重の 40 ~ 50% (1969 年を除く) を占め、この stage における降水量の子実生産に及ぼす影響はきわめて大きいものといえる。

NAR についてみると、NAR が次の式⁷⁾

$$NAR = (a-r) - \frac{C}{\delta \cdot F} \cdot R$$

ただし、 $(a-r)$ はみかけの光合成率、 F は葉身重、 δ は specific leaf area、 C は非光合成系の量、 R は非光合成系の呼吸率

によって表わされるとすると、その内容はきわめて複雑で、各 stage における各項の状態を考慮して、気象要因の影響を評価する必要がある。

stage III 以降、NAR は日射量との間に弱い負の対応関係を示すが、物質生産の立場からみた場合、日射量が NAR の制限因子として作用するとは考えられない。したがって、気温ならびに降水量が制限因子と考えられる。stage III 以降、気温との間に負の相関がみとめられるが、とくに盛夏にあたる stage III においては、気温と負、降水量と正の強い相関が認められる。stage III は節間伸長にともなって同化産物が葉鞘+稈に急速に蓄積される時期で、非同化系の量が増大し始め、Fig. 5 にみるように C/F が急速に大きくなる。このような C/F の増大は気温の上昇とあいまって、呼吸による消費量を増加させ、NAR を低下させるものと推定される。また、stage III における降水量は、1.2~3.7 mm/day の範囲で比較的乾燥状態に経過しており、前述のように、この stage におけるとうもろこしの水分消費量が大きいことを考えあわせると、水分不足は同化作用に悪影響を及ぼすものと考えられる。

つぎに、葉身の生長を表わす RLGR および ΔLB と気象要因についてみると、共に stage III 以降、気温および日射量と負の相関を示し、その程度は登熟期に強ま

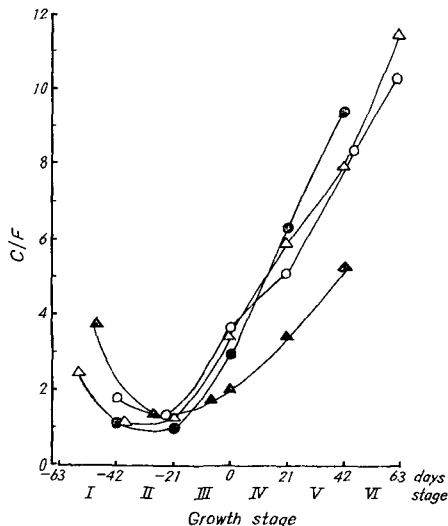


Fig. 5. Seasonal changes of C/F ratio.

Note. 1. Symbols are the same with Fig. 2.

2. $C/F = \text{Total leaf/leaf (dry weight base)}$

る傾向が認められる。このことから、登熟期における高温多照は葉の枯れ上がりをも早めるものと考えられる。

以上、各生長パラメーターと気象要因との関係から、乾物生産と気象要因との対応関係を検討したが、本解析法では、1) 各 stage における制限因子の抽出は可能であるが、得られた結果は、気候タイプの異なる地域では当然異なることが予想される。2) 乾物生産特性を多くのパラメーターに分解して気象要因と対応させても、生長パラメーター自体が複雑な内容を持ち、stage によりその内容が変化するなど、各内容と気象要因の対応関係の抽出は困難である。3) 乾物生産の一義的規定気象要因である日射量の影響をとらえることが出来ないなど、いくつかの問題点があり、本解析法のみでは、気象条件の変動の大きい地域ならびに年次の資料から、各気象要因の影響を定量的にとらえることは困難である。そこで、日射量がくみこまれている乾物生産の一般式⁹⁾の考え方から、さらに検討を試みた。

5. 乾物生産量と各気象要因との対応関係

乾物生産の一般式は次のように表わされる。

$$\Delta W = k \cdot L \cdot S \cdot P - R_W$$

ただし、 k は常数、 L は日射量、 S は葉面積、 P は群落同化力、 R_W は呼吸による消費量

本試験では、栽培条件は毎年ほぼ一定であるから、絹糸抽出期を中心として定めた各 stage 内では、災害的な気象条件に遭遇しない限り、生理的 age はほぼ等しく、群落同化力および呼吸力の年次変異は比較的小さいものと推定される。いま、同一 stage 内で群落同化力および呼吸力がほぼ一定と仮定すると、乾物生産量は、巨視的にみて葉面積と日射量の積 ($\Delta W = k \cdot L \cdot S$) により定まるものと考えられる。上述の考え方をもとに両辺を単位面積、単位時間当たりになおすと、次のように書き換えられる。

$$CGR = k \cdot \bar{L} \cdot S$$

ただし、CGR は乾物生産速度 ($\text{g/m}^2/\text{day}$)、 k は常数、 \bar{L} は平均 LAI、 S は日平均総日射量 ($\text{cal/cm}^2/\text{day}$)

そこで、各 stage について両者の関係を検討したところ、stage II および III (栄養生長期) では、きわめてよく対応することが明らかとなったので、盛岡ならびに桔梗ヶ原の4カ年の資料も含めて、両者の関係を示したのが Fig. 6 である。なお、盛岡および桔梗ヶ原においては、供試品種は交7号、栽植密度はそれぞれ 6670/10 a (1966年度は 8333/10 a) および 5560/10 a である。

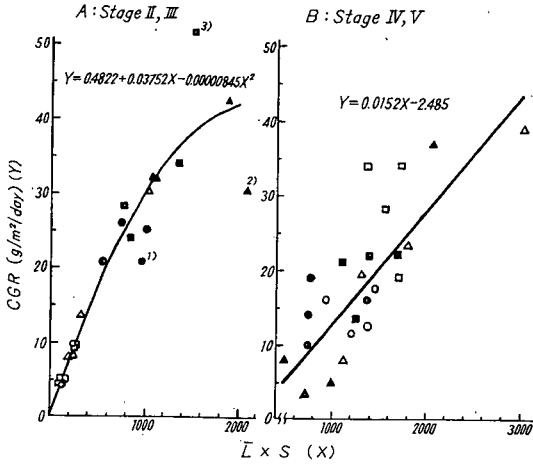


Fig. 6. Relation between Crop Growth Rate (Y) and mean leaf area index (\bar{L}) \times mean daily total solar radiation (S).

Note: 1) \circ Sapporo 2) Symbol in A in B
 \triangle Morioka open stage II stage IV
 \square Kikyogahara solid stage III stage V

1) 栄養生長期について

Fig. 6-A にみるように、stage II および III については、地域、年次、品種および栽培方法を越えて、ある変異の幅を認めれば両者の間に明瞭な対応関係がみられる。そこで、両者の関係を表わす実験式を求めたところ、つぎの関係式がよく適合することがわかった。

$Y = 0.0409 X - 0.655 \dots$ stage II

$Y = 0.0154 X + 13.421 \dots$ stage III

さらに、stage II および III をこみにした場合、つぎの式で近似できる。

$Y = 0.4822 + 0.03752 X - 0.00000845 X^2$

ただし、図中の 1), 2), 3) の点は計算から除外した。

これらの関係式は、stage II については $95 < \bar{L} \times S < 1048$ ($0.26 < \bar{L} < 2.6$, $333 < S < 492$), stage III においては $555 < \bar{L} \times S < 2088$ ($1.75 < \bar{L} < 5.4$, $289 < S < 486$) の条件で成立する。

いま、stage II および III をこみにした拋物線式についてみると、とうもろこしの栄養生長期における乾物生産量は、日射量とエネルギー受容体である葉面積との積で定まるが、 $\bar{L} \times S$ の増大にともない、乾物生産効率は次第に低下し、 $\bar{L} \times S = 2220$ の時点で最大 $42.13 \text{ g/m}^2/\text{day}$ となることを示している。このような $\bar{L} \times S$ の増大にともなう乾物生産効率の低下について、両 stage の回帰係

数から検討してみると、stage III における係数は stage II のその約 $2/5$ 程度に低下している。これは両 stage における群落同化力の差異、おもに葉面積の増大にともなう受光能率の低下と呼吸による消耗量の差異によるものと考えられる。

以上のように、乾物生産に対する日射量の影響は stage II および III をこみにして、上記の拋物線式で表わされるが、気温および降水量の影響はどうであろうか。前述したように、同一 stage 内では、群落同化力および呼吸力はほぼ一定と仮定すると、得られた拋物線式からの偏差は、ある程度日射量以外の気象要因によってもたらされたものとみなすことができよう。そこで、回帰式の計算に入れなかった図中の点、1), 2), 3) をも含め、stage 別に拋物線式からの偏差と気温および降水量との関係を図. 7 に示した。

まず、stage II についてみると、気温との間には、 $17 \sim 22^\circ\text{C}$ の範囲内で 5% で有意な正の相関が認められるが、降水量との間では明瞭な対応関係は認められない。しかし、地域についてみると、桔梗ヶ原では降水量との間に負の相関が認められる。つぎに stage III についてみると、降水量との関係において、平均降水量約 3 mm/day を中心にそれ以下では正、それ以上では負の相関が認められる。前述のように、とうもろこしの水分消費量

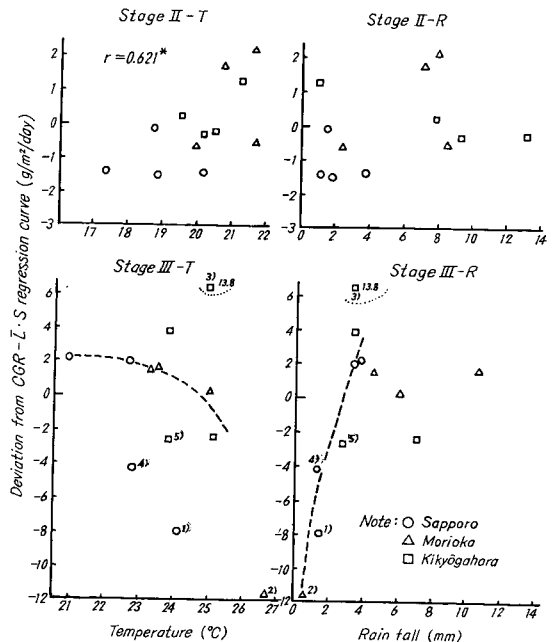


Fig. 7. Relation between the deviation from $\text{CGR} - \bar{L} \cdot S$ regression curve, and both temperature and rain fall.

は7, 8月にきわめて多いことが報告されており, stage III が7月中旬~8月上旬に相当することからみて, この stage では, 日平均降水量約3 mm 以下の条件では, 土壌水分不足が同化作用にいちじるしい影響を及ぼすものと考えられる。このように, 同化に及ぼす降水量不足の影響が明らかとなったので, 図中, 1), 2), 4), 5) の点を除外して気温との関係についてみると, 日平均気温 24°C 以上では負の対応関係が認められる。これらの対応関係を stage II および III を通してみると, 気温 17°C から 22°C にかけて, 偏差はプラス側に上昇し, 約 22°C を頂点としてそれ以上では次第にマイナス側に降下している。乾物生産を規定する環境要因のうち, 気温は主に植物体の呼吸を規定する要因であるから, これらの結果は, それぞれの stage における呼吸と気温との対応関係, ある程度示しているものと考えられる。葉身展開期間である stage II においては, 同化産物は主に葉身に分配されるが, stage III にいたり, 節間の伸長ともなって葉鞘+稈への急速な蓄積が始まるため, C/F が次第に大きくなり, 24°C 以上では, 同化-呼吸のバランスは次第にマイナス側に移行してゆくものと考えられる。しかしながら, CGR の偏差と気温との対応関係から得られた結論は, CGR そのものが呼吸による消耗量が差し引かれた純同化量であることから, あくまでも推論の域を出ない。これらの点を補うには, 佐伯⁸⁾ (1965) も指摘しているように, 呼吸測定を併用することにより, 正しい結論が導き出されることが期待される。

なお, Fig. 7 のうち, 3) の点については解析不能であった。

2) 登熟期について

Fig. 6-B に stage IV および V における CGR と $\bar{L} \times S$ の関係についてみると, 栄養生長期においてみられたような stage の違いによる対応関係の差異がなく, 変異の幅も大きい。しかしながら, 両 stage をこみにして両者の間には, $r=0.845^{**}$ の正の相関が認められ, つぎの回帰式で表わされる。

$$Y = 0.0152 X - 2.485$$

成立範囲は $488 < \bar{L} \times S < 3023$ ($1.95 < \bar{L} < 5.95$, $250 < S < 473$) である。この回帰式を stage III のそれと比較してみると, 回帰係数は両 stage でほとんど差異はないが, 同じエネルギー受容量 ($\bar{L} \times S$) に対する乾物生産量は, stage IV-V において大きく低下しており, 群落光合成能力の低下がうかがえる。

つぎに, 栄養生長期におけると同様, 回帰式からの偏差と気温および降水量との関係についてみると, 偏差と

Table 2. Correlation coefficients between the deviation from the regression line, and both rain fall and temperature

Stage	Location	Rain fall	Temperature
Stage IV	Sapporo	0.542	-0.811
	Morioka	0.903	-0.344
	Kikyogahara	0.854	0.350
Stage V	Sapporo	-0.501	-0.514
	Morioka	0.726	-0.433
	Kikyogahara	-0.147	-0.268

両気象要因の間には, 栄養生長期でみられたような明瞭な対応関係は認められないが, stage および地域別では Table 2 に示すような相関関係が得られた。これらの相関係数はいずれも統計上有意な値ではないが, 一定の傾向が認められる。すなわち, stage IV においては, いずれの地域においても降水量との間に正の相関があり, 回帰式よりプラスの偏差を示す点の日平均降水量は 7.0 mm, マイナスの偏差を示す点のそれは 3.6 mm で, stage III と同様, この stage においても降水量の不足が同化作用に悪影響を及ぼすものと考えられる。このような傾向は stage V においては, 盛岡を除いて認められない。また, 気温との間には stage IV および V を通じて, ほぼ負の対応関係が認められる。

以上のように, CGR と $\bar{L} \times S$ の関係式からの偏差と気温および降水量との間には, 一定の傾向が認められたが, 前述したように, 本解析法の適用には, 巨視的にみて地域をこみにして同一 stage 内では, 群落同化力ならびに呼吸力がほぼ一定である場合に限定される。栄養生長期および登熟期における CGR と $\bar{L} \times S$ 式からの偏差についてみると, 登熟期では栄養生長期に比し, 偏差はきわめて大きく, かつ偏差と気温および降水量との対応関係には地域間差異が認められ, これらの偏差が気温および降水量の両気象要因のみによってもたされたものとは考えられない。

そこで, 各地域における stage IV および V の乾物生長の経過についてみると, 札幌および盛岡では絹糸抽出後葉身乾物重は漸減し, 同化産物は主に雌穂に蓄積されるが, 葉鞘+稈の乾物重は増加する年次と減少する年次とが認められる。これに反し, 桔梗ヶ原では, stage IV においては, 各年次とも葉身, 葉鞘+稈および雌穂重とも増加し, stage V にいたり, 乾物増加は雌穂のみとなるが, 葉鞘+稈の乾物重は他の地域に比し, 急速に

減少している。このように、登熟期における乾物生長の様相は地域により異なり、同一 stage 内における植物体側の要因も、地域によりかなり異なっているものと推察される。また、回帰式からの偏差と各部位の乾物増加量との関係を検討してみると、盛岡においては、stage IV および V をこみにして、単位当たりの葉鞘+稈の増減程度との間に、0.923** の相関が認められ、同化産物の分配の差異もまた、乾物生産効率に大きく関与しているものと推定される。

IV. 結 語

地域、年次ならびに栽培方法を越えて、作物の生長と気象要因との関係を定量的にとらえることはきわめて困難である。本報において、JIBP/PP 部門「栽培植物による一次生産力の地域的評価に関する研究」のうち、圃場試験における札幌、盛岡および桔梗ヶ原のとうもろこしに関する資料から、乾物生産と気象要因との関係について検討した結果、生育段階を考慮した適確な sampling 方法（この場合、絹糸抽出期を中心として一定の間隔で行なう）を採用することにより、地域、年次および栽培方法の異なる資料から、ある程度乾物生産と気象要因との関係を、定量的にとらえることが可能であることが明らかとなった。しかしながら、本報で用いた解析方法のみでは、同一 stage 内における乾物生産と気象要因との関係は評価できても、登熟期にみられたような乾物生長の様相の地域間差異、すなわち、生長のリズムと気象要因との対応関係をとらえることはできない。

今後、より適確な sampling 方法の確立を検討するとともに、生長のリズムと気象要因との関係、換言すれば、生育ならびに同化産物の分配と気象要因との関係を、あわせて解析する必要があるものと考えられる。

本報の考察については、仮定や推測が多いが、呼吸ならびに群落内照度の測定を併用することにより、精度の高い解析が期待される。

V. 摘 要

1. JIBP/PP 部門「栽培植物による一次生産力の地域的評価に関する研究」のうち、圃場試験における札幌、盛岡および桔梗ヶ原のとうもろこしに関する4カ年(1966~1969)の資料から、乾物生長の年次間差異ならびに乾物生産と気象要因との関係について検討した。

2. 札幌における各年次の部位別乾物重の推移は、暦日で見るとその経過にかなりの年次間差異が認められるが、絹糸抽出期を中心としてみた場合、その推移の様相

はきわめて類似している。

3. 札幌における絹糸抽出期を中心とした LAI, RGR, CGR および NAR の推移には、一定のパターンが認められ、気候タイプとの間には対応関係があるものと考えられる。また、NAR は逆 S 字型の推移を示すが、栄養生長期から登熟期にかけて、急速に低下することが明らかとなった。

4. 各 stage における乾物生産速度 (CGR) と平均葉面積指数 (\bar{L}) および日射量 (S) の積との間には、地域、年次および栽培方法を越えて、明瞭な対応関係がみられ、両者の関係はつぎの関係式で表わすことができる。

$$Y = 0.4822 + 0.03752 X - 0.00000845 X^2 \dots \text{栄養生長期}$$

$$Y = 0.0152 X - 2.485 \dots \text{登熟期}$$

また、上記の回帰式からの偏差と気温および降水量との間にも対応関係がみられ、絹糸抽出期を中心とした前後3週間の stage においては、降水量の不足が同化作用に悪影響を及ぼすことが明らかとなった。

5. 登熟期における部位別乾物重の推移には地域間差異がみられる。また、盛岡においては、回帰式からの偏差と葉鞘+稈の乾物重の増減との間に、有意な正の相関があり、乾物分配の差異が乾物生産効率に関与していることが推定される。

VI. 引用文献

- 1) BREIBELBIS, F. R. and HARROLD, L. L. 1958. Water-Use efficiency of corn, wheat and meadow crops. *Agron. Jour.* 50: 500-503.
- 2) HANWAY, J. J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays*, L.). *Agron. Jour.* 55: 487-492.
- 3) 穂積和夫・篠崎吉郎 1963. 生長の法則性と生長解析. 吉良竜夫編, 植物生態学 [II]. 古今書院 233-257.
- 4) 岩城英夫 1963. 国際生物学計画と生物科学の国際的課題. *科学* 33, 5: 255-257.
- 5) 門司正三 1967. 国際生物学事業計画とは. *科学朝日* 1967. 7: 38.
- 6) RUNGE, E. C. A. 1968. Effect of rain fall and temperature interactions during the growing season on corn yield. *Agron. Jour.* 60: 503-507.
- 7) 佐伯敏郎 1963. 植物共同体の物質生産. 吉良竜夫編, 植物生態学 [II]. 古今書院 201-218.
- 8) ———— 1965. 植物の生長解析. *Bot. Mag. Tokyo.* 78: 111-119.
- 9) 武田友四郎 1968. 光合成と子実生産. 松尾孝嶺編, 稲の形態と機能. 農業技術協会 201-218.
- 10) TYNER, E. H. 1947. The relation of corn yields

- to leaf nitrogen, phosphorous and potassium content. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 11: 317-323.
- 11) WILLIAMS, W. A., R. S. LOOMIS, W. G. DUNCAN, A. DOVRAT, and F. NUNEZ A. 1968. Canopy architecture at various population densities and the growth and grain yield of corn. *Crop Sci.* 8: 303-308.
- 12) 山崎義人 1952. 玉蜀黍, 綜合作物学食用作物篇. 地球出版株式会社 144-145.
- 13) ———・浦野啓司 1952. 玉蜀黍の研究, 雑穀奨励会.

Summary

Authors joined in JIBP/PP-Photosynthesis, Local Productivity Group, Photosynthesis and Utilization of Solar Energy, Level 1 Experiments, started at 1966, and measured dry matter accumulation of corn plant and climatic factors in growing season for 4 years at Sapporo, Hokkaido.

In the present report we compared the growth pattern concerning dry matter production in each year and evaluated the effects of climatic factors on the dry matter production from the data including 3 localities; Sapporo (Hokkaido), Morioka (Tohoku) and Kikyogahara (Nagano). The experiments were carried out in the same way throughout years by using the best adapted local varieties; Kho No. 4 in Sapporo, Kho No. 7 in Morioka and Kikyogahara, and basing on the standard cultural practices in each locality. The sampling methods were common to locality and year. Results are summarized as follows:

1. The time trends in dry weight of various plant parts as calendar date did not fit in each year. But in the conditions where samples were taken under standard growing stage or half silking date, such a discrepancy among years in time trends were adjusted closely.
2. In comparison with changes of LAI, RGR, CGR and NAR (shown in Fig. 2), there were parallelisms among patterns of each parameters in each

year, especially close parallelism in that of RGR.

3. The value of NAR in reproductive stages decreased in 1/3-1/2 of that in vegetative stages. Each climatic factor in stage III and IV was little different. It was seemed that the decrease of NAR in reproductive stages might be caused by the changes of internal factors, that is, the difference of physiological age, the increase of mutual shading and consumption of non-productive parts in respiration, and the shading by tassels.

4. Concerning the correlations of climatic factors with CGR in stage IV at Sapporo, there were significant positive correlation with rain fall and negative correlations with both air temperature and solar radiation. Partial correlation coefficients were calculated between the factors and CGR. A highly significant partial correlation was found only between rain fall and CGR, all the other correlations proving insignificant.

5. There were highly significant positive correlations between CGR and mean LAI×mean daily total solar radiation at various stages including 3 localities for 4 years. The regressions were expressed with the following equations in stages II and III, and stages IV and V, respectively.

$$Y = 0.4822 + 0.03752X - 0.00000845X^2$$

$$Y = 0.0152X - 2.485$$

6. In order to estimate the influences of other climatic factors, the correlations of the deviations from the above regressions with air temperature and rain fall at various stages were calculated. The deviation from the regression in stage II showed positive correlation with air temperature, but correlation with rain fall was varied greatly. In stage III it showed positive correlation with rain fall in the conditions blow 3 mm/day. On the other hand, it showed negative correlation with air temperature in range of 22 to 26°C. Furthermore, with rain fall in stage IV, there were positive correlations in each location as shown in Table 2.