

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V

誌名	日本草地学会誌
ISSN	04475933
著者	櫛引, 英男
巻/号	26巻1号
掲載ページ	p. 14-18
発行年月	1980年4月

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 早晚性品種群の配合に関する研究

V. 単純積算温度有効性の根拠

楯 引 英 男

要 旨

楯引英男 (1980) 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晚性品種群の配合に関する研究 V. 単純積算温度有効性の根拠. 日草誌 26, 14-18.

日平均気温をそのまま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根拠について検討した。有効範囲の下限以下の温度については、日平均気温は 10℃ 以下の場合でも発芽および子実重増加にかなり有効に働いた。これには 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。寒冷地においては、日平均気温が 25℃ 以上に達する日数は少なく、そのため上限温度設定の意義は低い。さらに、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と推察された。

以上、寒冷地における有効積算温度は、実際には生育に有効に作用している温度も除いていることになり、反面この部分の除かれない単純積算温度は他の有効積算温度よりも年次間および場所間で変異が少なく、その一定性が高く示されていたと結論された。

緒 論

第 3 報¹⁾において、日平均気温をそのまま積算する単純積算温度は、これまで利用されてきたいくつかの有効積算温度よりも、トウモロコシの生育期間における場所間および年次間変異が少なく、より有効に利用できることを報告した。

このことは、設定される有効範囲以外の温度、つまり下限および上限以外の温度が実際にはトウモロコシの生育に有効に働いていることを示唆している。そこで、いわゆる有効範囲以外の温度の有効性を検討したので報告する。

なお、校閲の労をとられた十勝農試場長 中山利彦博士に謝意を表します。

試 験 方 法

有効温度の下限は一般に使われている 10℃ とし、また上限は 23℃ と設定した。

下限より低い温度の有効性は発芽および子実重増加と温度の関係から検討された。発芽について、6 自殖系統の低温下における発芽能力、また実際の圃場に播種された 2 品種の発芽期間における温度条件を検討した。子実重増加については、標準耕種法により栽培された 2 品種

の 3 刈取期における子実重増加とその間にえられた温度条件を検討した。

寒冷地においては、日平均気温が 25 または 23℃ 以上になる日は少なく、しかもそのほとんどは絹糸抽出期前である。そこで、上限より高い温度の有効性については、発芽—絹糸抽出期を検討した。また、ここでは一般に相関関係の高いといわれる降雨量と積算温度の関係を推定することによって、上限より高い温度の有効性を検討した。

表 1. 置床温度と発芽(シャーレ・ろ紙法, 2 反復, %)

置床温度	置床日数	自殖系統					
		T 6	To 15	W79 A	CMV 3	CM 37	N 21
8℃	14日	81	82	23	48	36	9
±0.5	16	97	100	38	58	53	22
	18	97	100	47	64	53	53
10	10	78	95	77	46	26	30
	±0.5	12	100	98	90	79	73
±0.5	14	100	98	98	80	73	81
	12	8	100	100	8	40	35
±0.5	10	100	100	92	84	64	88
	12	100	100	95	88	76	95

a) 電気低温発芽試験器(暗条件)による。

b) 発芽は 8~12℃ の発芽勢/常温下の発芽歩合, (%)。

表 2. 圃場における発芽期間の気温 (芽室, 1977, °C)

品 種	P-E ^{a)} (月・日)	単純積算温度	有効積算温度 ^{b)}	日最高の 日平均(A)	日最低の 日平均(B)	$\frac{A+B}{2}$
ワセホマレ	5.11—5.25	167.4	30.3	17.5	4.8	11.2
	6. 2—6. 9	139.2	59.2	25.5	8.9	17.2
ヘイゲンワセ	5.11—5.25	167.4	30.3	17.5	4.8	11.2
	6. 2—6.10	158.5	68.5	28.9	9.2	19.1

a) P-E は播種日—発芽期を示す。(3 反復)。
b) 10.1°C 以上の積算。

試 験 結 果

1. 下限より低い温度の有効性

表 1 は異なる温度水準に置床した自殖系統の発芽勢を示したものである。供試材料はいずれも 10°C および 8°C で発芽し、特に T6 および To 15 の置床後 16 日における発芽勢は 97 および 100% を示した。

表 3-a. 刈取期の気温と子実重増加—子実重増加, 3 反復, 1969—

品 種	刈 取 (月・日)	子 実 重 (kg/10 a)	比 (%)	千 粒 重 (g)	比 (%)
交 4 号	9. 29	489	100	258	100
	10. 3	540**	111	278	108
	10. 12	562**	115	287*	111
複交 4 号	9. 29	451	100	224	100
	10. 3	527**	117	249*	111
	10. 12	535**	119	269**	120

a) *, ** は刈取期 (9月 29日) の値に対し、それぞれ 5%、1%の有意性を示す。

表 2 は異なる播種期に栽培した 2 品種の発芽期間中における温度条件を示したものである。5月 11日播きと 6月 2日播きの間における単純積算温度の差は小さいが、有効積算温度の播種期による差は大きく、5月 11日播きに対する 6月 2日播きの比は約 2 倍に達した。この期間の日平均気温は 5月 11日播きでは両品種とも約 11.2°C、また、6月 2日播きのそれは 17.2—19.1°C であった。

表 3-a は刈取期の差による子実重および千粒重の増加を示したものである。供試品種の千粒重および子実重は刈取期が遅れるに伴ない 10—20% 増加した。表 3-b はこの期間における日ごとの温度条件を示したもので、これをみると日平均気温 10°C を越えたのは 10月 2, 3, 9 および 10日であり、この 4 日間における 10.1°C 以上の有効積算温度は 4.8°C となった。また最高気温の平均は 13.7°C、最低気温の平均は 2.0°C となった。

2. 上限より高い温度の有効性

寒冷地においては日平均気温が上限を上回る日数は少なく、芽室の 1960 年から 1977 年に至る各年次の生育期

表 3-b. 刈取期の気温と子実重増加

一日ごとの気温, °C—

	9 月		10 月											
	29日	30	1日	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均	5.4	5.3	5.7	11.5	11.0	6.5	5.5	6.5	5.4	5.1	10.3	12.0	9.4	9.8
最高	13.6	12.0	10.6	16.2	14.8	14.6	13.0	13.6	11.5	13.6	15.8	16.8	13.6	12.7
最低	-2.3	-1.4	0.8	6.7	7.2	-1.6	-2.0	-0.6	0.8	-3.4	5.2	7.1	5.2	6.8

表 4-a. 発芽—絹糸抽出期の降雨量と各種積算温度の相関係数 (交 4 号)

場 所	単純積算温度	各種有効積算温度 (°C)							年 ^{a)} 数
		0.1—23.0	10.1— α	10.1—23.0	8.1— α	8.1—23.0	6.1— α	6.1— α	
芽 室	-0.080	-0.399	-0.623*	-0.620*	-0.423	-0.444	-0.324	-0.365	12
滝 川	-0.187	-0.170	-0.444	-0.448	-0.404	-0.397	-0.356	-0.338	10
札 幌	.545	0.511	0.120	0.085	0.149	0.112	0.262	0.226	12
訓 子 府	.509	0.671*	0.299	0.562	0.386	0.600	0.451	0.672*	9

a) 芽室: 1963—1974, 滝川: 1965—1974, 札幌: 1963—1974, 訓子府: 1966—1974。
b) * は 5% 水準の有意性を示す。

表 4-b. 降雨量の年次変異

場 所	降 雨 量 (mm)	標 準 偏 差 (mm)	変 異 係 数 (%)	年 数
滝 川	202	45.5	22.5	10
札 幌	188	82.9	44.0	12
訓子府	246	52.1	21.1	9

間における 23.1°C 以上の日数は平均 13.2 日で、それぞれ 20, 13, 6, 7, 3, 5, 8, 18, 15, 12, 21, 7, 17, 25, 10, 22, 14, 15日である。25.1°C 以上の日数はそれぞれ 6, 2, 0, 3, 0, 0, 1, 3, 0, 3, 7, 2, 3, 6, 0, 5, 5, 3日である。27.1°C 以上に達したのは 1960, 1973 および 1976 年のそれぞれ 2, 1 および 1日である。

表 4 には発芽一絹糸抽出期の期間に推定された降雨量対積算温度の相関係数を示してある。排水良好な土壌条件の芽室と、降雨量の少ない滝川においては、1例を除きいずれも負の値が示され、札幌と訓子府では正の値が示された。しかしながら、有意性の示された相関係数は、芽室の 10.1-α°C および 10.1-23.0°C、訓子府の 0.1-23.0°C および 6.1-23.0°C においてのみであった。

図 1 は有意性の示された 2地点の 4例の相関図である。これを見ると、両場所共に降雨量が 200 mm 前後以下の年次が相関々係に大きく寄与していることが認められた。

表 5 は発芽一絹糸抽出期の日数と降雨量および温度条件について示したものである。降雨量と単純積算温度の

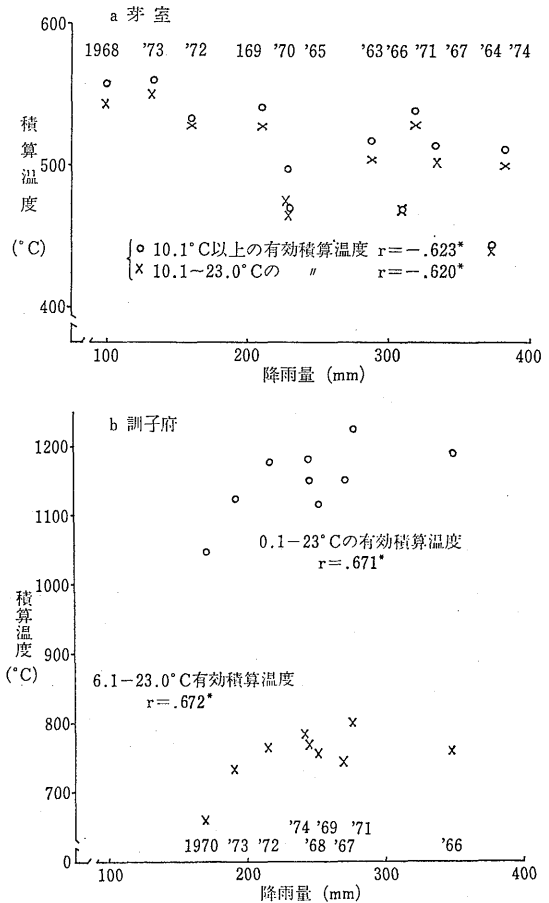


図 1 発芽一絹糸抽出期の積算温度と降雨量 (交 4号)

表 5. 品種「ワセホマレ」の発芽一絹糸抽出期における降雨量と温度

年 次	経過日数 (日)	降 雨 量 (mm)					単 純 積 算 温 度 (°C)	有 効 積 算 温 度 (°C)	23.1°C 以上		
		5月	6月	7月	8月	計			日数 (日)	積算温度 (°C)	
1972	69	3.2	125.4	33.0	4.1	165.7	1250	1247	5	2.7	
1973	71	13.1	40.7	52.2	29.4	135.4	1286	1275	5	11.0	
1974	74	74.4	235.5	59.3	1.4	370.6	1226	1216	7	9.6	
1975	69	11.7	163.1	229.5	7.4	411.7	1204	1186	9	17.6	
1976	75	17.5	74.4	14.8	2.8	109.5	1294	1272	9	21.8	
1977	67	9.7	26.0	143.0	0	178.7	1156	1138	10	18.1	
1978	74	72.7	159.6	74.2	0	306.5	1152	1139	12	13.1	
平均	69.9					239.7	1224	1210	8.1	13.4	
S	3.7					121.2	57	58	2.6	6.4	
CV(%)	5.3					50.6	4.7	4.8	32.2	47.7	
対降雨量の相関係数 (r)							-0.513*	-0.503	0.311	0.022	

a) 3 反復。

b) 23.1°C 以上の高温を除いた積算値。

間には $r = -0.513$ がえられ、5% 水準 ($r = -0.754$) に近い値がえられた。また、有効積算温度との間には $r = -0.503$ がえられた。表中に示されているように、1976 年におけるこの期間の降雨量は 109.5 mm と著しく少なく、しかも生育進捗に重要な 7 月と 8 月の降雨量はそれぞれ 14.8 と 2.8 mm と著しく少なく、圃場においては作物葉身部の萎凋および先端枯死のみられた年次であった。

考 察

1. 下限より低い温度の有効性

トウモロコシの有効温度範囲を設定する場合、わが国においては下限を ANDREW *et al.* (1956)¹⁾ と同様に 10°C においている^{8-10, 14, 16, 17)}。しかしながら、低温発芽性が栽培品種よりも概ね著しく低いといわれる自殖系統は 8°C の置床下でも発芽している (表 1)。つまり、有効温度範囲以下でも作物に有効に作用したのである。

また、圃場で異なる時期に播種した結果、日平均気温 11.2°C と 17.2—19.1°C では共にほぼ同じ単純積算温度で発芽に至ったが、10.1°C 以上の有効積算温度では著しい差を示していることが認められた (表 2)。この播種期の差による単純積算温度の一定性を説明するには、2 つのことが考えられる。1 つは日平均気温が 0°C に近い、例えば 2—3°C 程度の温度は別にしても、10°C 以下の温度でも、例えば 7—8°C 程度であれば、トウモロコシ種子発芽に有効に作用しているということであり、これは発芽試験の結果で証明された。2 つには、ある温度、例えば日平均気温を 10°C とすると、10°C 自体が有効温度でなくとも日中に数時間は維持される 10.1°C 以上の温度が発芽に作用することである。MARTON⁶⁾ も本報告と同様のデータを得ているが、上記の 2 つの事柄が成立しなければ、本報告の圃場試験結果および春季低温年や常時低温下にあるいわゆる栽培限界地帯の圃場発芽を説明することはできないと思われる。

刈取期の差による子実重増加と日平均気温の関係についても同様のことが考えられる (表 3-a, b)。刈取期の差、14 日間の単純積算温度 109.4°C、また 10.1°C 以上の有効積算温度 4.8°C の条件下で、子実重が 10—20% も増加している事実の説明は次の様に考えられる。つまり、子実の登熟には 10°C 以下の低温が作用しているか、日中に数時間は認められる 11—15°C 前後の温度が作用しているか、或いはその両方が働いているかであろう。これらの点で、1 日のうちでも数時間ごとに測定するという発想⁵⁾や、いわゆる Cumulative degree hours¹²⁾ の利用は重要と考える。

2. 上限より高い温度の有効性

有効温度の上限を 30°C^{3, 5, 18)} や 25 もしくは 27°C³⁾ とすると、寒冷地においてはこれを越える日数は極く少ないので、低緯度地帯の場合とは異なり、対象となる高温領域は極く限られる。従って、上限を設定しなければならない根拠はかなりやすい。また、上限温度設定による有効積算温度の一定性が単純積算温度のそれより低いのは、第 3 報で述べた通りである。

降雨量の少ないことは、積算温度の一定性を歪めるといわれる^{2, 7, 12)}。本報告における積算温度と降雨量の間には強い関係は認められなかったものの、発芽—絹糸抽出期に至る期間の降雨量が約 200 mm 以下の年次が両者の相関々係に寄与していることが認められた。このような降雨量の寄与にも拘らず、単純積算温度が上限設定による有効積算温度よりも一定性の高いのは降水量がほぼ適当な範囲にあるからであろう。土中水分の不足による生育遅延は降雨の少ない地域では重要である⁴⁾ ことは申すまでもない。芽室においては、1960 年に降にみられた唯一の干ばつは 1976 年であり、この年の絹糸抽出期の干ばつによる生育遅延は約 4 日間と推定される。

これらのことから、高温条件の多い低緯度地域と異なって、寒冷地においてはもともと無駄となる高温が少ないことと¹⁵⁾、さらに降雨量ないし土壌水分が概ね豊富であるので、高温自体も作物の生育に有効に作用していることが推察される。

以上、要するに有効温度範囲を積算する有効積算温度は、実際には有効に作用している温度を除いて算定されているが、これに反し、単純積算温度ではすべての有効な温度が積算されている。このことが、単純積算温度の場所間および年次間変異が少なく一定性の高い根拠になっていると結論づけられた。

引用文献

- ANDREW, R. H., F. P. FERWERDA and A. M. STOROMMEN (1956) *Agron. J.* 48, 231-236.
- ALDRICH, S. R., W. O. SCOTT and E. R. LENG (1975) *Modern corn production*. pp. 22-37.
- BROWN, D. M., Ontario Minist. Agr. Food, Order No. 75-077.
- DENMEAD, D. T. and R. H. SHAW (1960) *Agron. J.* 52, 272-274.
- GILMORE, E. C. Jr. and J. S. ROJERS (1958) *Agron. J.* 50, 611-615.
- HERCZEGH, M. (1973) *Maize Genetics Coop. News Letter*, 47, 214-216.
- HOLMES, R. M. and G. W. ROBERTSON (1959) *Canada Dep. Agr., Public.* 1042.

- 8) 北海道立天北農試ほか (1979) 天北地域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.
- 9) 岩田文男 (1973) 東北農試研報, 46, 75-89.
- 10) 金川直人・宮本正信ほか (1978) 第13回北海道草地研究会 15, 40-42.
- 11) 櫛引英男 (1979) 日草誌 投稿中.
- 12) KAPAS, S. (1969) *Eucarpia*, 245-246.
- 13) LANA, E. P. and E. S. HABER (1952) *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 59, 389-391.
- 14) 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.
- 15) 野口弥吉 (監修) (1961) 農学大辞典 pp. 1612-1616.
- 16) 戸田節郎・森 行雄・長谷川春夫ほか (1955) 北農研抄 2, 84-85.
- 17) 高野信雄 (1967) 北農試報告 70, 5-10.
- 18) WINTER, S. R. and J. W. PENDLETON (1970) *Agron. J.* 62, 181-184.

(昭和54年4月16日受理)

Studies on the Productivities of Corn as Silage Materials and Combination of Varieties Different in Maturation Dates for North-eastern Areas of Hokkaido

V. On the reasons in the good effects of applying the simple heat-unit accumulation to the cropping

Heido KUSHIBIKI

Hokkaido Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro-machi, Kasai-gun, Hokkaido 082

Summary

In the previous paper, it was revealed that the use of simple daily cumulative temperature could be applied more effectively for evaluating the combinations of corn varieties than the use of the effective daily cumulative temperature, because of its least annual and local fluctuations in Hokkaido.

This experiment was carried out to clear the reason why the simple daily cumulative temperature fitted with growths of corn varieties by examining the effect of temperature beyond the effective regime on the growth of corn plant. The results obtained were as follows;

1. Even where the daily mean temperature was under 10°C, germination or emergence of seeds and grain yield or kernel weights were remarkably increased. In addition to this, it was recognized that the corn were growing under the condition of daily mean temperature below 10°C, because they have several hours of high temperature above this in the daytime.

2. Since there are few days being higher than 25°C of daily mean temperature in Hokkaido, it hardly needs to apply higher temperature than 25°C. Moreover, it was supposed that high temperature itself might give good effects on crop growth under the condition of sufficient rainfalls.

3. In conclusion, it was estimated that some part of the effective temperatures to crop growth were excluded in the case of applying the effective daily cumulative temperature. But in using the simple daily cumulative temperature, it was recognized that it accumulated all effective temperatures and consequently had little local and annual fluctuations.

(J. Japan. Grassl. Sci. 26, 14-18, 1980)