

トウモロコシの発芽に関する耐冷性と その検定法に関する研究

(2) 低温発芽性の検定法と表示

楠引英男* 仲野博之*

Studies on Cold Tolerance and Cold Test Technique in Corn Germination

II. A testing method and its representation for low temperature germination

Hideo KUSHIBIKI and Hiroyuki NAKANO

従来の Cold test による低温発芽性とは異なる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活動を遺伝的特性として捉え、その検定方法を検討した。その結果、供試種子をシャーレ（ろ紙）に置床し、10℃で12日間処理して発芽調査をし、これと別に行なった25℃前後の常温下の発芽調査結果から、次式によりえられる比較低温発芽勢を低温発芽性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が必須条件である。

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

この式により得られた比較低温発芽勢は実際の圃場における低温年次の発芽期まで日数および発芽勢との間に有意な関係を示した。すなわち、比較低温発芽勢の高い系統は発芽期まで日数が短かく、また発芽勢が高く、比較低温発芽勢と圃場の発芽期まで日数および発芽勢の間には、 -0.725^{**} と -0.750^{***} の有意な相関係数がえられた。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まで日数および発芽勢との間に関係は認められなかった。

I 緒 言

近年、トウモロコシ栽培が春季低温条件下にある道東道北の山麓沿海地帯に延びつつある。また、早播栽培は冷害軽減対策技術としてはもちろん、倒伏防止対策としても普及されている¹⁾。このような場合に要求されるのは、品種の低温発芽性である。この低温発芽性は品種系統種子の遺伝的な低温下における発芽活動力として捉えられるもので、これまで長い間低温下の病害の抵抗性をみることを

対象としてきた Cold test による発芽性とは異なる。

低温発芽性の強い品種を作るためには、まず強い自殖系統を育成選抜する必要がある。その検定方法を検討すると共に、これにより得られた比較低温発芽勢および従来の方法による低温発芽率と実際の圃場における発芽との関係を検討した。

助言と校閲を賜った北海道立十勝農業試験場、楠隆場長に深謝の意を表する。

II 実験材料と方法

低温下における種子の活動力として表わすために、低温発芽勢は常温下発芽に対する低温下発芽

1975年4月25日受理

*北海道立十勝農業試験場 河西郡芽室町

の割合で示した。これに基づいて、次式の比較低温発芽勢を低温発芽性の表示とした。

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

発芽の判定は根と芽あるいはそのいずれかが、1 mm以上抽出したものとした。用いた材料は Table 1 に示したように25の自殖系統で、種子は TMDT 剤で処理した。各系統について1反復50粒、2反復で、8、10、12、25、30℃の6温度下で2日毎に発芽調査をし、これらと常温下(20~30℃の変温)発芽歩合から比較低温発芽勢を算出した。

低温下で長期置床する場合の死粒発生経過について、A171とW49の自殖系統を用い検討した。

低温発芽性の検定値と圃場発芽の関係をみるた

めに、従来の Cold test のうちの4つの方法と比較した。圃場発芽は過去の十勝農試成績から、播種後低温下にあった1969年と平均的な1970年と1973年の1反復成績を用いた。また、沿海地帯の忠類における1974年の播種後20日目の2反復平均の圃場発芽勢を用いた。

III 結 果

Table 1は25自殖系統の比較低温発芽勢を処理温度及び置床日数毎に示したものである。供試材料の配列は10℃-12日置床における比較低温発芽勢の高い順序に従った。10℃-12日置床の処理は、近接する処理温度間および置床日数間で系統の序列に最も変化が少なく、また標準偏差(S)および

Table 1 Relative low temperature germination rate in 25 inbred lines on differential temperature and days after seeding

Materials	8℃		10℃				12℃				15℃		25℃		30℃					
	Days		10	12	14	16	8	10	12	6	8	10	2	4	2	4				
	14	16															18	20	8	10
N138	90	100	100	100	88	100	100	100	100	100	92	97	97	100	100	100	17	100	89	100
T6	81	97	97	97	78	100	100	100	100	100	100	100	100	88	100	100	0	100	53	100
CM39	4	23	39	47	98	100	100	100	100	100	97	99	99	100	100	100	0	100	84	100
To15	92	100	100	100	95	98	98	98	98	99	100	100	100	100	100	100	14	100	100	100
V3	32	44	52	53	86	93	95	97	97	97	38	89	90	80	95	100	22	100	87	100
W79A	23	38	47	54	77	90	98	100	100	100	53	92	95	97	100	100	12	100	32	100
WM13R	70	78	86	86	79	85	96	100	100	100	97	97	98	72	93	100	19	100	70	100
CM33	7	16	26	26	48	82	86	93	100	100	51	89	97	94	100	100	4	100	73	100
W41A	0	0	0	0	73	82	93	98	100	100	44	87	100	32	62	80	0	100	43	100
CMV3	48	58	64	76	46	79	80	83	83	83	40	84	88	95	100	100	18	100	28	100
A357	21	29	29	30	61	74	82	82	88	89	76	78	86	92	99	100	20	100	81	100
N21	9	22	53	57	30	74	81	95	98	98	72	88	95	36	97	100	83	100	32	100
CM37	36	53	53	62	26	73	73	73	74	87	35	64	76	59	84	98	0	100	28	100
W55	0	14	14	17	65	70	91	91	91	91	85	91	100	44	64	100	0	100	28	100
W401	3	3	3	5	68	70	74	76	79	81	100	100	100	90	100	100	0	100	71	100
W59E	3	3	6	8	63	64	68	68	70	74	86	96	100	89	91	96	6	100	42	100
W375B	1	6	6	6	63	63	71	72	78	78	83	93	100	94	100	100	18	100	74	100
W22	0	7	12	19	34	56	73	76	87	87	30	80	82	50	90	94	0	88	59	100
W49	18	26	33	41	32	46	63	64	74	85	31	60	70	57	73	88	3	81	37	92
W28	0	0	0	0	4	22	60	70	76	84	6	14	69	46	71	96	0	100	48	100
A171	0	0	0	0	2	18	59	66	66	74	2	14	46	42	60	90	75	94	16	100
W182E	2	6	6	6	0	0	0	0	3	6	0	0	22	66	96	100	0	100	24	100
W25	0	0	0	0	0	0	0	6	26	76	0	6	38	2	58	94	0	90	48	100
Co46	0	0	0	2	0	0	2	2	8	34	4	18	34	48	89	94	0	100	20	100
Q709	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	40	40	0	100	14	100
Mean	22	29	33	36	49	62	70	72	76	81	53	69	79	68	87	94	12	98	51	100
S	31	34	35	35	34	35	33	34	32	28	37	36	29	28	18	15	22	5	26	2
C. V.	142	117	105	99	69	56	48	47	42	34	71	52	28	41	20	16	174	5	50	2

変異係数(C. V)の変化も小さかった。なお、8℃ではA 171, Q 709およびW41A, 10℃と12℃ではQ 709は最後まで発芽しなかった。

8℃では、いずれの置床日数においても各系統の値が低く、平均で22~36%の間であった。また、発芽しない系統が多かった。

10℃では平均値が49~81%となり、Sは34~28と大きかった。置床12日の平均は62%, Sが35で、他の近接置床日数における値と大きな差はなく、処理温度中では供試材料間の序列および偏差の変化が最も少なかった。この10℃の12日における比較低温発芽勢と、同じ10日および14日における値の間には0.919*** および0.943*** の相関係数が推定され、他の処理温度における置床日数間の比較よりも高い関係を示した。

12℃の置床8~12日では、平均が53~79%, Sが37~29であったが、この温度における置床日数間の差は10℃の10~14日より大きかった。12℃の置床10日と10℃の12日とは0.944*** の有意性を

示したが、中間に位置する系統の順序は変化した。

15℃の置床6~10日では比較低温発芽勢が100あるいは100に近い場合が多くなり、系統の平均は68~94%となった。Sは相対的に小さく、C. Vは41~16%と小さくなった。

25℃の置床2日では、平均が12%で発芽しない系統が多かった。置床4日ではほとんどの系統が100%となり、系統間の差は認められなかった。

30℃の置床2日と4日においても、25℃の場合と似たような傾向がみられた。

低温下で発芽をみる場合、種子が殺菌剤処理されていても、置床が長期に亘ると、酸素不足のためと思われる死粒が発生する。Table 2はこれについて示したものである。供試した2系統は置床14日で死粒を生じ、20日以降では著しく増加した。また、採種年次や場所で差があり、このため比較低温発芽勢においても、置床20日以降の差が大きくなった。従って、置床日数は余り長期にわたらないことが必要である。

Table 2 Seed death percentage affected by days after seeding

Condition of seed produced	Days after seeding					
	10	14	17	20	25	30
1)	Indred A171					
To: 1968	0 (3.2)	7.6(52)	7.0(59)	24.6(71)	32.1(68)	42.4(58)
To: 1969	0 (5.0)	0 (63)	55.0(67)	22.4(73)	26.4(71)	25.2(75)
2)	Inbred W49					
Ho: 1968	0 (2.3)	5.2(47)	10.0(52)	38.7(54)	47.8(52)	51.3(49)
To: 1968	0 (5.1)	0 (56)	0 (72)	5.9(86)	4.3(95)	10.7(89)
To: 1969	0 (8.4)	0 (62)	0 (65)	0 (90)	0 (100)	0 (100)
Ho: 1968	0(10.2)	0 (52)	0 (60)	7.7(86)	16.2(84)	14.1(86)

Notes: 1) To=Tokachi Agric. Expt. Stn.

2) Ho=Hokkaido Central Agric. Expt. Stn. Breeder's Stock Farm

3) Relative low temperature germination rate (10℃) was shown in parenthesis

Table 3は25の自殖系統について、比較低温発芽勢および従来を検定法による低温発芽率と実際の圃場における発芽との関連を示したものである。比較低温発芽勢は材料間の変異の巾が大きく、しかも近接する置床日数間および温度間で供試系統の序列に差の少ない10℃-12日処理の値を用いた。十勝農試圃場における1969年は播種後長期に亘って低温に経過した年次で、系統平均の発芽期まで日数は24日であった。1970年と1973年は平年の条件下で、系統の平均発芽期まで日数は15日と16日

であった。また、忠類の1974年は播種後低温に経過しており、ここでは播種20日後の圃場発芽勢を示した。この場合の系統平均の圃場発芽勢は65%であった。

比較低温発芽勢の高い系統は1969年の発芽期まで日数が短かく、両者には-0.725*** の相関係数がえられた。また、通常年の1970年においても、その傾向があった(-0.722***)。1973年では、-0.455* の相関係数を示したが、発芽期まで日数自体の系統間の変異が小さく、従って系統間における関係

Table 3 Measured value of individual inbred line and correlation coefficient between relative low temperature germination rate, germination percentage for some existing cold tests and some field emergences

Materials	Relative low temperature germination rate, 10°C -12 days (a)	Germination percentage by existing cold test				1) Days number to half emergence rate at field			2) Emergence rate at field
		Rolled	towell	method	Method	1969 (b)	1970	1973	1974 (c)
		A	B	C	dy vat				
N138	100	91	18	90	95	20	14	15	67
T6	100	60	52	—	79	23	14	15	37
CM39	100	7	32	80	—	23	13	15	73
To15	98	—	—	—	—	—	—	—	—
V3	93	—	—	—	—	23	—	15	33
W79A	90	—	—	—	—	23	14	15	47
WM13R	85	54	5	16	88	24	13	15	17
CM33	82	—	—	—	—	23	13	15	43
W41A	82	18	2	—	—	23	15	16	—
CMV3	79	—	—	—	—	—	14	16	20
A357	74	17	34	—	97	28	15	15	47
N21	74	78	9	39	92	22	16	16	60
CM37	73	87	23	12	—	24	14	16	37
W55	70	—	—	44	—	23	14	15	—
W401	70	69	20	—	—	23	13	15	43
W59E	64	—	—	4	90	22	13	—	53
W375B	63	—	—	—	—	23	—	15	53
W22	56	—	—	—	—	—	—	—	—
W49	46	13	1	42	99	24	17	16	43
W28	22	78	1	0	85	26	16	15	10
A171	18	52	0	0	91	30	17	17	3
W182E	0	98	10	75	—	27	15	16	10
W25	0	49	22	—	—	26	—	16	20
Co46	0	98	10	—	—	27	15	16	0
Q709	0	—	—	—	—	—	—	15	0
Mean	62	55	16	37	91	24	15	16	65
S	35	31	16	33	10	3	1	1	22
C. V	56	56	95	91	12	10	11	4	65
Correlation coefficient to (a)		.337	.450	.041	.048	-.725***	-.722***	-.455*	.750***
Correlation coefficient to (b)		-.300	.446	.461	.409	—	—	—	—
Correlation coefficient to (c)		-.126	-.189	-.419	.058	—	—	—	—

Notes : 1) At Tokachi Agric. Exp. Stn., replication = 1

2) At Chyurui, 20 days after seeding, replication = 2

3) A: Wisconsin method (11°C - 13 days → 25°C - 3days)

B: " (11°C - 5 days → 30°C - 7days)

C: Minnesota method (25°C - 20 days → 11°C - 10days → 25°C - 3days)

Method by vat : (25°C - 2 days → 9.5°C - 8 days → 25°C 4 days)

4) *, *** significant at 5% and 0.1% level, respectively

は判然としなかった。また、忠類の圃場発芽勢とはかなりパラレルな関係を示し、両者には、.750***の相関係数が示された。これに対し、従来の検定法による4つの検定値は、いずれも実際の圃場発芽とは関連が認められなかった。

IV 考察と論議

従来、米国を始めとして我が国でも取上げられてきた低温発芽性は病害抵抗性の検定に主体がおかれていた。本報告の低温発芽性は種子自体の低温下における遺伝的な発芽性、つまり低温下における種子の発芽活動として考えるものである。本報告の実験結果から、処理温度と置床日数に有効範囲が考えられるが、10℃の置床12日で、シヤール(ろ紙)に TMDT 剤処理を加えた場合の発芽勢と、これと同じ種子群の常温下発芽歩合から算出される比較低温発芽勢が低温発芽性の指標として適当であることを認めた。

低温発芽性は菌による種子の汚染やその他の種子品質等の差による発芽への影響を除いて示される必要があるので、その表示は殺菌剤処理種子の常温下発芽に対して低温下発芽率を示すことを基本とした。この考え方に立って、比較低温発芽勢の他に下記の2つの表示についても検討を加えた。しかし、これらの表示は処理条件間で系統の序列が大きく変化すると共に系統間の差が著しく小さくなること、また実際の検定に多労を用し、実用に供しえないと思われたので省略した。

比較低温平均発芽日数

$$\frac{\sum(\text{毎日の低温下発芽率}/\text{常温下発芽歩合}) \times \text{置床日数}}{\text{比較低温発芽勢}}$$

$$\text{比較低温発芽係数} = \frac{\text{比較低温発芽勢}}{\text{比較低温平均発芽日数}}$$

検定温度と置床日数は供試材料の差が大きく、しかも長期置床による死粒発生など、低温以外の条件が除かれる範囲になければならない。本実験の結果では、この条件を満たす処理は10℃-12日置床であった(Table 1, 2)。しかし、8℃-15℃の範囲では、いずれの置床日数においても、ある程度の系統の序列はえられた(Table 1)。また、系統間の差異自体は置床日数の選定さえ適切であれば、25℃および30℃の適温下でもえられるが、8-15℃の場合の系統間の序列と異なる場合が多くなると共に、変異の小さいこと、調査時期の僅

かの差により測定値に大きな変化をきたすなどから、やはり妥当とは思われない(Table 1)。

低温発芽性の検定に際して、種子腐敗と酸素不足によると思われる不発芽種子の発生が問題となる。トウモロコシの種子は種々の菌に犯される機会が多く、登熟中から収穫乾燥貯蔵に至る環境的人為的条件によって左右される。従って、置床種子を無菌状態に近づけるために、種子と給与水あるいはそのいずれかを殺菌剤で処理することを前提条件とした。

以上により得られた比較低温発芽勢は実際の圃場における発芽と強い関係にあり、比較低温発芽勢の高い系統は播種後低温に遭遇した場合の圃場における発芽期まで日数が短かく、また播種後一定日の圃場発芽勢も高い値を示した。しかし、従来の Cold test の結果は圃場発芽と全く関係が認められなかった(Table 3)。

圃場における発芽は、外圃条件として地温の他に土壤水分や覆土の厚さが関係し⁴⁾、また種子自体としても低温下における発芽活動力のほかに遺伝的および種子品質からもたらされる芽生の伸長力³⁾、覆土を突き抜ける力などが関連し、これら要因の総合的な結果として示されることは容易に推察される。また、温度条件に限っても、実験上は定温下で行なうが、圃場では常に変化しており、emergence に至るまでには発芽適温に近い状態におかれることがしばしばある²⁾、このような諸条件の差が実験と実際の圃場発芽の差をもたらし要因になると思われる。しかしながら、両者の間には明かに高い有意な相関関係が播種後の不良年次や場所において示された。このことは、実際の圃場発芽には低温下における種子の活動力が大きく寄与していることを示すものである。

以上のことから、本報告でのべてきた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有効に利用できるものと思われる。

引用文献

- 1) Burleigh J. R., Allan, R. E., Vogel, O. A.
"Varietal differences in seedling emergence of winter wheats as influenced by temperature and depth of plants". *Agron. J.* 57, 195-198(1965).

- 2) Blacklow, W. M. "Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.)". *Crop Sci.* **12**, 647-650 (1972).
- 3) Funk, C. R., Anderson, J. C., Johnson, M. W., Atkinson, R. W. "Effects of seed source and seed age on field and laboratory performance of field corn". *Crop Sci.* **2**, 318-320 (1962).
- 4) 木根淵旨光, 工藤純, 西入恵二, 杉本文午.
"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(1968).
- 5) 楠引英男, "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. 現行法の問題について" 道立農試集報. **24**, 33-42(1971).
- 6) 楠引英男. "とうもろこしの冷害と耐冷性検定". 日本育種学会北海道談話会会報, **13**, 66-68 (1974).
- 7) Rossman, E. C. "Freezing injury of inbred and hybrid maize seed". *Agron. J.* **41**, 574-583(1949).
- 8) 手島寅雄. "栽培学前篇—種物—". 東京, 北方出版社, 1949. 70P.
- 9) Taylor, H. M., Parker, J. J., Roverson, G. M., "Soil strength and seedling emergence relations; II. A generalized relation for gramineae". *Agron. J.* **58**, 393-395(1966).

Studies on Cold Tolerance and Cold Test Technique in Corn Germination

II. A testing method and its representation for low temperature germination

Hideo KUSHIBIKI* and Hiroyuki NAKANO*

Summary

A procedure for testing low temperature germinability of corn seeds was investigated. The germinability by this procedure expresses seed activity at low temperatures. The seeds treated with the fungicide TMDT were kept at 10°C for 12 days in a petri-dish. The relative low temperature germination rate is calculated by the following from the results obtained by this cold test and by a test of germination at a warm temperature:

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

Two-field germinability, namely the number of days required for half emergence and emergence percentage, was correlated fairly well with the relative low temperature germination rate, but hardly any correlation was noted between it and the low temperature germination rate by the existing methods.

* Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082 Japan.