

トウモロコシ・スイート種、特に自殖系統 「Ma 21547」種子にみられる発芽異常

櫛引 英男* 仲野 博之* 谷原 丈夫**

Abnormality on Seed Germination of Inbred Line

“Ma 21547”, Sweet Corn

Hideo KUSHIBIKI, Hiroyuki NAKANO and Takeo TANIHARA

発芽異常の形態は、出芽および出根のみのもの、幼芽のわん曲しているもの、幼芽・幼根長が異常に短いものなどである。その原因が、系統の遺伝的な変化によるのか、あるいは種子が病原菌に侵されることによるのかについて、発芽異常種子の次代を追跡して検討した。

その結果はつぎのとおりである。発芽異常を示した種子の次世代の種子でも、病原菌に侵されない状態で採取された場合にはほとんど発芽異常が認められないが、正常な発芽を示す種子の次世代の種子が、倒伏など菌に侵されやすい状態で採取されると、著しい不発芽とともに発芽異常を生じた。しかしながら、いずれも発芽以降の生育個体の形質には、差異が認められなかった。

一方、発芽異常の種子からは、2種類の *Fusarium* 菌、1種類の *Penicillium* 菌が検出分離され、発芽異常をおこす変色種子の抽出液を発芽培養液として用いた場合に、発芽異常が多くなることから、病原菌の毒素が幼芽、幼根の伸長を抑制するものと推定された。

1 緒 言

スイートコーンの雌穂は揃いのよいことが必要であるので、一代雑種は斉一性の最も良い単交配の形をとる。単交配の親となる自殖系統は一般に個体が小さいために採種量が少なく、種々の障害に対しても弱い。この点で、子実用やサイレージ用の一代雑種が複交配その他の有利な採種様式をとるのに対して、スイートコーンでは不利となっている。スイートコーンの自殖系統は、特に種子親となる自殖系統自体は組合せ能力とは別に市販種子を生産する母本としての実用性をもつことが必要であり、採種量の多いことと、生産される種子が正常で病害のない健全なものであることが特に望まれる。

1970年に北海道立中央農業試験場原々種農場で生産されたスイートコーン自殖系統「Ma 21547」の種子

発芽に異常がみられた。この自殖系統は一代雑種「ゴールデン・ビューター」や「ビリカ・スイート」の構成系統であるなど、北海道立十勝農業試験場で育成中の一代雑種に利用されている主要な自殖系統である。

発芽異常にはいくつかの形態が認められたが、主として幼芽の短いものと幼芽のわん曲するものが多かった。これらの異常が遺伝的な変化によるものであれば採種体系上の重要な問題であるので、発芽異常種子の次代を追跡して遺伝的な変化の有無を検討すると共に、病害の面からも検討を加えた。

本文の御校閲を戴いた北海道立十勝農業試験場、楠隆場長、また種子の病原菌検出等について種々御助言を賜った帯広畜産大学教授、成田武四博士に厚く謝意を表する。

II 材料と方法

種子の区分は可能な限り、8区分とした。この区分のうち胚部の種皮色の「正常」種子と「変色」種子の区分は必ずしも明確な基準になく、供試系統のうち

1975年4月25日受理

* 北海道立十勝農業試験場 河西郡芽室町新生2

** 北海道中央農業試験場原々種農場 滝川市南滝川

特に「Ma 21547」種子では注意深く判別する必要があった。通常なんらの障害なしに正常に成熟し収穫乾燥された健全な種子の種皮は活力のある光沢を帯びた白色を呈しているのを、これを「正常」種子とし、「変色」種子は粒の基部ないしは先端、あるいは胚部の種皮が僅かではあるが黄変または褐変したものとした。

「Ma 21547」の次世代種子は次のようにしてえた。まず、「正常」および「変色」種子の各 100 粒を TMTD 剤で粉衣して、シャーレで発芽させ、「正常」種子からは中位な正常個体、「変色」種子からは異常個体を選定して圃場に移植した。次に、これらの個体について通常の方法で自家授粉し、各々の次世代種子をえた。これらの種子について常温下 (25°C) でシャーレ (ろ紙法) により発芽状態をみた。

同じ区分種子と発芽条件の関係をみるために TMTD 剤 (処理と無処理) × 温度 (13°C と 25°C) の試験をくり返し数、3 で行なった。

両区分種子の抽出液は次のようにしてえた。区分種子 100 g を 6 メッシュに粉砕し、これに水道水 200 cc を加え、常温下で 20 時間浸漬した後、3,200 rpm で 20 分間遠心分離し、上澄液をえた。これを 5 倍に稀釈して、発芽培養液とした。

雌穂位置の高低処理は直立状態にある個体では 50 ~ 60 cm であるのに対して、個体が損傷しないように横倒してはば 1/2 の 25 ~ 30 cm となるようにした。収穫乾燥したおのおの 20 個体の雌穂を手により脱穀し、生石灰を加えて密封貯蔵した。

III 試験結果

1 種子の区分と発芽異常

Table 1 に示したように、「変色」種子は全体の 25 % ほどに達し、そのうちの 27 % が発芽異常および不発芽種子であった。「正常」種子では形状区分のいずれにも発芽異常と不発芽粒が極めて少なかった。

Table 1. Groupings based on differences in the pericarp and discription of germination of seeds of inbred line "Ma 21547"

Seed grouping	Germination (No. of seeds*)	
	Complete	Ungerminated and abnormal (%)
Normal pericarp		
Raise of embryo portion	83	1 (1.2)
Flat of embryo portion	29	0 (0)
Little endosperm	2	0 (0)
Peel of pericarp	22	0 (0)
Broken pericarp	6	1 (14.3)
Not seed tip	3	1 (25.0)
Lack of endosperm	5	1 (16.7)
Total	150	4 (2.6)
Discoloured pericarp	37	14 (27.5)
Total	187	18 (8.8)

Note : * Counted on the 7 th day after seeding.

Table 2. Lengths of plumules and radicles of the seeds of two groups, the normal and the discoloured pericarp of inbred line "Ma 21547."

Seed grouping	Plumule		Radicle	
	$\bar{X}$ (mm)	s	$\bar{X}$ (mm)	s
Normal	9.4	1.8	5.5	1.6
Discoloured	5.9	1.9	4.2	1.4

Note : Measured on the 8 th day after seeding.

Table 2に示したように、「Ma 21547」の「変色」種子の幼芽長および幼根長は短く、特に幼芽長の短さが目立った。

「変色」種子の割合は「WH」が71.4%で最も多く、次いで「Ma 21547」、「P 39」および「P 51 B」であった。発芽異常は「P 51 B」と「Ma 21547」を除き「変

Table 3. Seed germination of some inbred lines

Inbred line	Seed grouping	No. of seeds (%)	Germination		
			Complete (%)	Abnormal (%)	Ungerminated (%)
W 49	Normal	218	96	0	4
	Discoloured	115 (34.5)	64	20	16
WH	Normal	174	100	0	0
	Discoloured	435 (71.4)	80	0	20
WM 13 R	Normal	406	90	0	10
	Discoloured	137 (30.9)	40	12	48
A 171	Normal	588	100	0	0
	Discoloured	197 (25.1)	70	6	24
P 51 B	Normal	237	84	8	8
	Discoloured	155 (39.5)	68	20	12
P 39	Normal	178	96	0	4
	Discoloured	156 (46.7)	80	6	14
Ma 21547	Normal	155	86	14	0
	Discoloured	197 (54.4)	10	68	22
Mean	Normal	279	93	3	4
	Discoloured	199 (43.2)	59	19	22

Note : The seeds from Breeder's Stock Farm, Hokkaido Central Agric. Exp. Stn.

Table 4. Germination of seeds of the normal and the discoloured pericarp of inbred line "Ma 21547" and their next germination

Material and treatment	Germination			1,000 seeds weight (g)
	Complete (%)	Abnormal (%)	Ungerminated (%)	
Normal seeds				
TMTD treatment	86.0	14.1	0	170.3
Non treatment	88.3	7.9	4.3	
Next generation seeds				
TMTD treatment	85.3	8.0	6.7	144.9
Non treatment	89.3	5.8	4.9	
Discoloured seeds				
TMTD treatment	67.7	22.1	10.0	158.5
Non treatment	10.4	68.2	21.5	
Next generation seeds				
TMTD treatment	85.6	5.8	8.6	141.8
Non treatment	89.6	1.6	8.8	

Note : Counted on the 7th day after seeding

Table 5. Field germination of plants from seeds of the discoloured pericarp

Seed grouping	Date of half emergence	Date of half silking	Plant height (cm)	Ear height (cm)	Leaves per plant	Lodging (%)
Normal	May 27	Aug. 9	132	46	14.6	0
Discoloured	May 28	Aug. 9	129	47	14.2	0

Note : Mean values of twenty plants per plot with two replications.

Table 6. Effects of temperature and a fungicide on germination of seeds of inbred line “Ma 21547” from Breeder’s Stock Farm

Treatment	Seed grouping	Normal germination	Abnormal germination			Non germination
			Only plumule	Only radicle	Distorted	
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
25°C (7 days after seeding)						
TMTD	Normal	44	2	2	0	2
	Discoloured	34	2	5	4	5
Non	Normal	43	1	4	2	0
	Discoloured	5	10	17	7	11
13°C (14 days after seeding)						
TMTD	Normal	40	0	5	3	2
	Discoloured	21	0	8	5	16
Non	Normal	36	0	7	4	3
	Discoloured	3	0	14	8	25

Note : Seeded in soil containing a plenty of muck.

色」種子のみに発生した。また、「変色」種子の発芽異常は「Ma 21547」で最も多く 68 %、「P 51 B」と「W 49」は 20 %、「WH」には認められなかった。従って、「変色」種子には明らかに発芽異常が多く認められたが、「WH」のみは例外的であり、これには遺伝的な差異の存在が関係していると思われる。

2 発芽異常と遺伝的变化

Table 4 は「Ma 21547」の区分種子とその次世代種子の発芽について示したものである。「変色」種子では発芽異常および不発芽種子が著しく多かったが、次世代種子では「正常」種子およびその次世代種子と同様に発芽異常および不発芽が著しく少なかった。また可視的にも「正常」種子との差は認められなかった。

Table 5 に示したように、「変色」種子は「正常」種子に比し発芽の揃いがやや不良であったが、発芽期が 1 日遅れたのみで、生育の進行に伴って、種子区分間の差がなくなり、絹糸抽出期は同じであった。成熟期における稈長、着雌穂高および全葉数にもほとんど差は認められなかった。

3 発芽異常発生に対する発芽・採種条件

Table 6 に示したように、「変色」種子を「正常」種子に比較すると、どの発芽条件下でも発芽異常と不発芽の割合が多かったが、TMTD 剤処理では無処理より、また 25°C では 13°C 発芽より発芽異常が少なかった。無処理の「変色」種子発芽において、13°C の場合は 25°C よりも異常発芽が少なく不発芽が増加したが、これは 25°C の場合に辛うじて出芽できた種子が、13°C では幼芽・幼根が伸長できないまま腐敗したためと思われる。また、TMTD 剤処理の 13°C は 25°C より正常発芽が少ないが、これは 25°C での正常発芽種子と異常発芽種子が、13°C ではおのおの異常発芽種子と不発芽種子となったのが多いためと思われる。

Table 7 は区分種子の抽出液が発芽に与えた結果を示したものである。いずれの区分種子の抽出液も発芽培養液とすることにより、幼芽・幼根の伸長が抑えられたが、特に「変色」種子の抽出液の場合に顕著であった。また、いずれの抽出液の場合も幼芽の伸長は幼根よりも抑えられた。

Table 8 は雌穂位置を異にする個体に着生した種子の発芽を示したものである。人為的に横倒しにして雌

Table 7. Elongation* of plumules and radicles affected by a seed extract solution used as a culture fluid**

Material	Culture fluid	Plumule (cm)	Radicle (cm)
Ma 21547	Discoloured seed extract 20 % solution	.42	.41
	Normal seed extract 20 % solution	.75	1.12
	Only water	2.59	1.47
P 39	Discoloured seed extract 20 % solution	.31	.33
	Normal seed extract 20 % solution	.80	.74
	Only water	2.10	1.32
P 51 B	Discoloured seed extract 20 % solution	.28	.67
	Normal seed extract 20 % solution	.93	.86
	Only water	1.66	.91

Notes : * Measured on the 8th day after seeding.

** Culture fluid contained 0.5 % TMTD.

Table 8. Germination of seeds produced on ears at different heights from the ground level by forced lodging

Treatment	Germination				1,000 seeds weight (g)
	Complete	Abnormal	Ungerminated	(a) + (b)	
	(%)	(a) (%)	(b) (%)	(%)	
Seeds from plants lodged forcibly					
TMTD treated	63.2	11.6	25.2	36.8	140.2
Non	40.8	38.4	20.8	59.2	
Seeds from upright plants					
TMTD treated	95.7	2.0	2.3	4.3	138.7
Non	88.2	4.2	7.6	11.8	

Note : Counted on the 8th day after seeding.

穂位置を低くした個体に着生した種子の発芽異常および不発芽は TMTD 剤処理で 36.8 %, 無処理で 59.2 % で、おのおの直立個体に着生した種子の 11.8 % と 4.3 % に比して著しく高い値を示した。なお、直立個体と横倒個体に着生した種子の千粒重には差がなかった。

IV 考察と論議

遺伝的特性としての発芽異常は自殖系統の育成過程でしばしばみられる。育成中の系統または個体の選抜を目的としたシャーレによる発芽試験にみられる以外に、圃場においても劣悪形質として多くは自然淘汰ま

たは無意識のうちに間引きの段階で淘汰される。スイート種においては特に重要視される。また、既存の自殖系統の中でも、かつて市販品種の構成系統であった A 171 や、十勝農試の育種計画で重点的に検討された Co 50 なども条件によってはやや異常な発芽性を示していた。1970, 1971 年の中央農試原々種農場産の「Ma 21547」種子の発芽異常も形態的には同じような範ちゅうに入るものであった。本実験の第 1 の目的は、この発芽異常が種子の遺伝的な変化によるものかどうかをみることにあった。

発芽異常を示した種子の次世代の種子が病原菌に侵されない状態で採種された場合にはほとんど発芽異常

が認められず (Table 4), また, 正常な発芽を示す種子の次世代の種子が倒伏など菌に侵されやすい状態で採種されると著しい不発芽と共に発芽異常を生じた (Table 8)。他方, いずれの区分種子も圃場に播種された場合には発芽以降における生育個体の形質にほとんど差異が認められなかった (Table 5)。これらの結果から, 本報で取上げた発芽異常は系統内の遺伝的な変化によるものでないことが推測された。

一方, 発芽異常は病原菌による種子の汚染によっても起こりうる。

Wathana et al⁵⁾ はトウモロコシ種子を侵す最も重要な病原菌は *Fusarium*, *Aspergillus* および *Penicillium* で, 特に *Fusarium* は種子内部に侵入していることが多いとしている。また, Koehler⁴⁾ は乳熟期の状態にある雌穂の子実には *Fusarium*, *Diplodia* 菌などがすでに侵入していることを報告している。また, 生育後半のトウモロコシのごま葉枯病に対する抵抗性を種子発芽により検定する方法が開発されている^{1,2)}。この方法は抽出したごま葉枯病菌の毒素混入液を発芽培養液として, 検定しようとする品種系統の種子を発芽させ, 幼芽・幼根の伸長程度により抵抗性・感受性を判定するものである。これらのことから, 病原菌による異常発芽の可能性が予想される。

問題となった種子の発芽異常は実験の結果, 次のような特徴があった。①発芽異常は胚部の種皮または種子の基部が変色した「変色」種子に発生し, この種子群には不発芽粒も多かったこと (Table 1, 3), ②発芽した「変色」種子の幼芽・幼根は明らかに「正常」種子のものに比して短いこと (Table 2), そして, ③発芽異常種子は低温下発芽では増加し, TMTD 剤処理では無処理に比し減少すること (Table 6), である。本実験に用いた種子群から, 2 種類の *Fusarium* 菌と 1 種類の *Penicillium* 菌が検出分離された。

病原菌の毒素により, 幼芽・幼根の伸長が抑制されるという論拠は, ごま葉枯病抵抗性の種子発芽検定法により類推できるが, 「変色」種子の抽出液を発芽培養液として種子発芽させた場合に発芽異常が多くなることは (Table 7), これを裏付けていると思われる。しかし, 菌の病原性等については, 今後確認する必要があると思われる。

以上にのべてきたことから, 発芽異常は種子の遺伝的な変化によるものでなく, 種子が病原菌により侵されたものであることが推定された。本報告で, 雌穂位置を低くした個体に着生した種子に発芽異常が多いと

いう結果をえたが (Table 8), これは雌穂位置の低いことにより地表面から菌の混入した土砂や雨滴の飛沫が容易に付着して菌が雌穂に侵入しやすいこと, また地表面に近い空間は多湿条件となりやすいので菌の侵入, 繁殖が容易であるためと思われる。今後, この点について追跡調査をする必要があろう。

著者がすでに発表したように³⁾ 着雌穂高の高いことは必ずしも倒伏に結びつくことはなく, 多収につながる場合があり, 不利とはならない。このことから, 採種上からみると自殖系統の着雌穂高は高い方が有利であろう。また, 着雌穂高の地域間の変動はかなり大きいので, 安全に市販種子を生産するという点から地域性を考慮する必要がある, 採種地選定上の重要な要因となろう。耐倒伏性の品種と栽培法の導入も必要である。将来的な問題として最も重要なことは病害抵抗性品種の育成であろう。

スイート種の「変色」種子と「正常」種子は可視的な区分であるが, 一般的には見逃しやすい区分であるので, その判別には入念な観察を要する。しかし, それによる区分の差は発芽異常や不発芽の発生につながっている。スイート種の採種体系の中で健全種子の安定した計画生産のために入念な種子選定を行う必要がある。

引用文献

- 1) Hooker, A. L., D. R. Smith, S. M. Lim, and J. B. Beckett, 1970: Reaction of corn seedlings with male-sterile cytoplasm to *Helminthosporium maydis*. Plant Dis. Rep. 54 : 708-712.
- 2) Lime, S. M., A. L. Hooker, and D. R. Smith, 1971: Use of *Helminthosporium maydis* race T pathotoxin to determine disease reaction of germinating corn seed. Agron. J. 43 : 712-713.
- 3) 櫛引英男 1974: とうもろこしの着雌穂高が茎葉収量に及ぼす影響。日本育種学会北海道談話会会報 14 : 43.
- 4) Koehler, B. 1927: Studies on the scutellum rot disease of corn. Phytopathol. 17 : 449-471.
- 5) Wathana M., and Slearmlarp Wasuwat, 1965 : Studies on fungal flora of corn seed. Maize Genet. Coop. News Lett. 39 : 243-251.

Abnormality on Seed Germination of Inbred Line “Ma 21547”, Sweet Corn

Hideo KUSHIBIKI*, Hiroyuki NAKANO* and Takeo TANIHARA**

Summary

Many case of abnormal germination were recognized in seeds of inbred line “Ma21547” of a sweet corn, which were produced at Breede's Stock Farm of Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station. Such cases included those seeds which had germination abnormality only on radicles or on plumules and those seeds which developed decayed and distorted plumules. Causes of such abnormal germination were investigated, because this inbred line is a parent line constituted of the commercial hybrid “Golden Beauty”, being one of the main inbred lines on a sweet corn breeding program including “Pirika Sweet” at Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station.

It has been revealed from a number of experimental results that it is likely that an invasion into the seeds by air or soil born fungi is responsible as the causes, instead of any genetic variation of the seeds of the subject inbred line.

Two species of *Fusarium* and one species of *Penicillium* which seem to cause the abnormal germination have been isolated.

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

** Hokkaido Prefectural Central Agricultural Experiment Station, Breeder's Stock Farm Takikawa, Hokkaido, 073.