

大豆の発芽について

第1報 熟度と発芽について

犬塚 正† 小玉 資 雄†

I 緒 言

本道においては大豆の生育中初霜の被害を受けたり、あるいは生育遅延等によつて完熟に至らず未熟のまま収穫の止むなきに至ることが往々ある。この場合種子の発芽能力について従来から問題になつていたが、これ等に関する成績はあまり見られない。そこで1953年以来大豆の熟度と発芽及び子実の性状、後熟の効果、低温処理の影響等について試験を行い、その一部は北農研究抄報第2号に簡単に登載したがここにその成績を報告する。

なお本調査は前種芸部長（現上川支場長）桑原武司氏の企画のもとに、研究途上においても終始指導を受け、また本稿のご校閲を賜つた。ここに記して感謝の意を表する。

II 試験材料及び方法

1) 1953年は標準耕種法により「丸小粒」を、1954年及び1955年は標準耕種法1株1本立で「丸小粒」、「十勝長葉」をそれぞれ所定日に採取して実験に供試した。

2) 開花後の日数の決定は1953年は開花日を正確にとらえた莢と対比して同程度に成熟したものを供用し、1954、1955の両年は圃場の平均開花日を基準にして資料を採取した。

3) (イ) 発芽試験は「リーベンベルヒ氏発芽試験器」で濾紙を用い50粒2反復とし、恒温器は30°Cとした。（低温処理の風乾後はいずれも25粒1反復である）

(ロ) 発芽歩合は10日、発芽勢は5日で締め切つた。

(ハ) 発芽係数は発芽歩合÷平均発芽日数で示した。

(ニ) 低温処理は1953年は株毎に掘り上げて土を

† 種芸部

落さぬようハترون紙で根部をつつみなるべく自然の生育に近い状態で0°Cに1時間15分処理後-8°Cに15分間処理し、さらに30分間0°Cで処理した。1954年及び1955年はそれぞれ所定の時間で処理した。（第4及び第5図参照）

なお低温処理において供試材料を低温室の中央に広げて立て掛けて置いた。

(ホ) 発芽試験は、低温処理のものは処理の翌日その他は採取当日に置床した。

4) 熟度（開花後の日数）算出の基礎

1954年に大豆の各節毎の開花を毎日調査し、その日に開花したものの以外の花序を摘除して正確に開花日をとらえたものと平均開花日を基準にしたものとを比較して見るとその成績に大差は認められなかつた。（第4表）よつて1954年及び1955年は圃場の平均開花日を基準とした。

5) 水分含量は「アクメ水分含量測定器」（定温乾燥器100°C内外）を用いて絶乾して測定した。

III 試験成績

1) 熟度と発芽

熟度別（開花後の日数別）に子実を採取して発芽能力を調査したところ第1表及び第1図のような結果を示した。

すなわち品種や年次によつて多少異なるが、開花後20日目では若干の発芽能力を持つようではあるが、発芽試験中に腐敗して発芽には至らない。しかし30日以後は急に上昇し、概ね50日を経過すればほぼ完全に近い発芽能力を示した。

2) 熟度別の後熟と発芽

開花後一定の日数で収穫した場合、その開花後の日数（登熟程度）と後熟日数の差異が発芽能力におよぼす影響は第2表に見るとおり、開花後の日数が50日に満たない場合は草本からもぎ取つた莢を直射日光で乾燥すると、発芽日数は短縮されるが、発芽歩合はかえつて低下する傾向が見られた。

第1表 熟度と発芽の関係

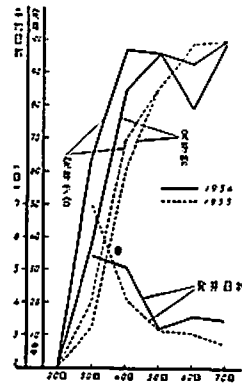
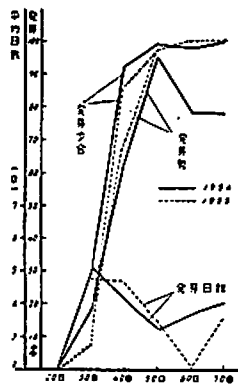
1953 (丸小粒)

開花後の日数	45	50	55	60	65	70	75
発芽歩合(%)	87.0	89.0	88.0	90.0	98.0	100	100
発芽勢(%)	65.4	56.0	64.0	78.0	67.0	100	100
平均発芽日数(日)	4.07	5.37	3.68	3.24	3.86	3.05	1.99
発芽係数	21.38	16.57	23.91	27.78	25.39	32.79	52.05
水分含量(%)	67.3	65.0	64.2	60.0	49.0	40.3	27.4
採取月日	9.17	9.22	9.27	10.2	10.7	10.12	10.17

第1図 熟度と発芽の関係
1954 ~ 1955

十勝長葉

丸小粒



開花後の日数

開花後の日数

備考 1954年の60日目の両品種及び70日目(十勝長葉)は恒温器の故障(停電)により発芽が劣つたものと思われる。

第2表 熟度別後熟と発芽の関係

1953 (丸小粒)

開花後 の日数	収穫当日		熟度別後熟											
			莢付で後熟			草本で後熟								
	歩合	日数	歩合	日数	歩合	日数	歩合	日数	歩合	日数	歩合	日数		
45	87	4.07	6	3.17	6	2.67	2	2.00	88	2.56	90	2.21	94	2.27
50	89	5.34	97	2.06	85	2.11	20	2.25	95	2.49	98	2.20	100	2.15
55	88	3.68	100	2.04	96	1.79	94	2.03	100	2.31	100	2.09	100	1.97
60	90	3.24	95	2.12	83	2.13	81	2.21	100	2.21	100	2.11	100	1.99
65	98	3.86	99	1.68	98	1.93	99	2.17	100	2.35	100	2.07	100	1.96
70	100	3.05	100	1.98	100	1.97	99	2.07	100	2.01	100	1.98	100	1.96
75	100	1.99	100	2.29	96	2.02	98	2.10	100	1.99	100	1.97	100	1.95

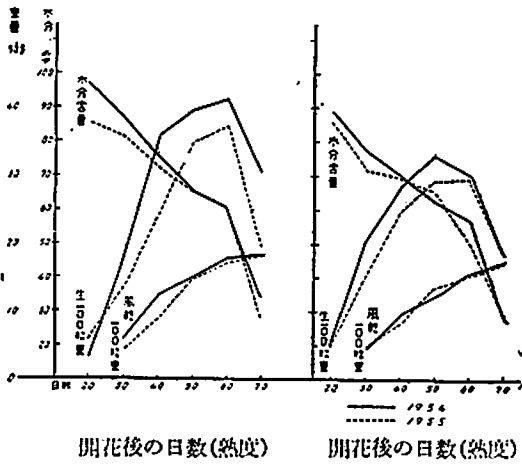
備考 歩合とは発芽歩合を示し、日数は平均発芽日数である。

しかし草本のまま吹抜小屋でかけ乾した場合はいずれも後熟の効果が現われ、開花後50日目のものに30日間及び開花後55日以後のものに10日以上の後熟を与えると発芽歩合は増加し、平均発芽日数も短かく種子としての能力は高まつた。

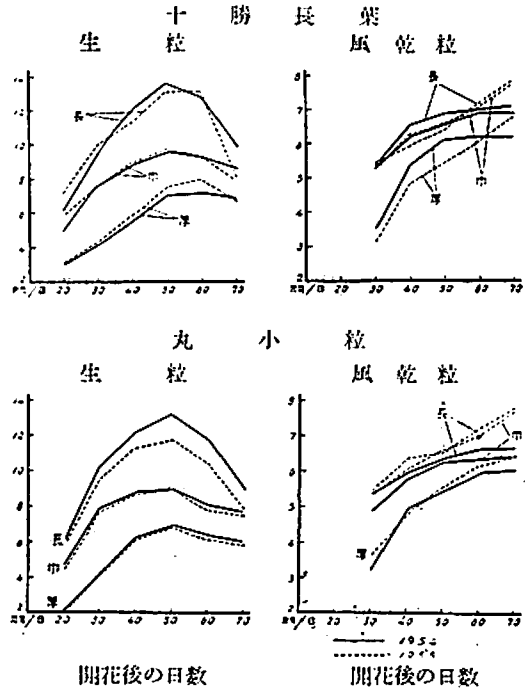
3) 熟度と子実

熟度による子実の発育経過は第1表及び第2, 3図に見るとおり年により、また品種により多少異なるが、当初90%以上あつた生粒の水分含量も熟度の進むにつれて漸減し成熟期には概ね20~30

第2図 熟度と子実水分及び子実重量
十勝長葉 丸小粒



第3図 熟度と子実の发育経過



%となつた。生粒の肥大を見ると長さ及び巾は開花後50日目頃にほぼ完成され、厚さはそれより10日ほど遅れて最大値を示すが、形状は熟度が進み子実水分が減少するにつれて小さくなつた。

風乾粒では長さ巾及び厚さのいずれも熟度の進むにつれて増大していた。

子実重量についても生粒では開花後50~60日目頃に最大値を示すが、風乾した場合は登熟とともに漸増した。

4) 登熟中の低温と発芽

1953年は大豆の生育中における霜害にもつとも近い状態を想定して実施したが、処理時における状態は0°Cでは凍結に至らなかつたが、茎葉はやや硬化し-8°Cにおいては凍結して霜に遭遇した

第3表 登熟中の低温と発芽の関係 1953 (丸小粒)

調査月日	区別 調査項目 開花後の日数	無 処 理				低 温 処 理			
		発芽歩合	発芽勢	平均発芽日	発芽係数	発芽歩合	発芽勢	平均発芽日	発芽係数
9.27	55	88%	64%	3.68日	23.91	67%	48%	4.96日	13.51
10. 2	60	90	78	3.24	27.78	87	73	4.14	21.01
7	65	98	77	3.86	25.39	100	77	4.22	23.70
12	70	100	100	3.05	32.79	100	100	2.90	34.48
17	75	100	100	1.99	52.05	100	100	2.24	43.64

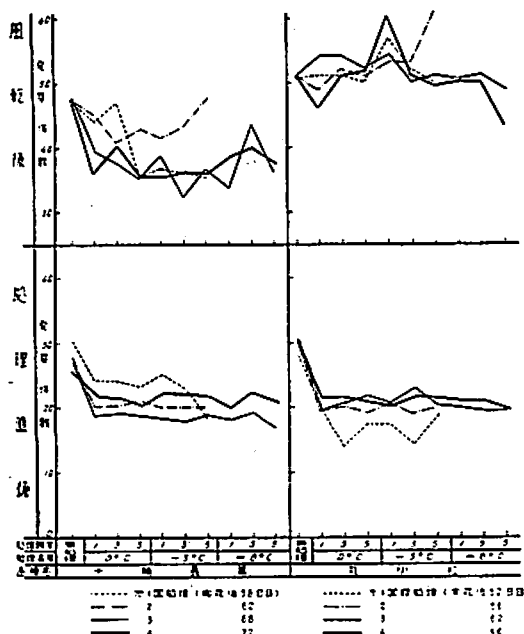
場合に類似の状態を示し0°Cに戻しても5~10分間はそのままの状態が持続し、処理終了後常温で15分位広げておくと霜のような状態がとけた。この年の「丸小粒」は開花後75日で成熟期に達したが60日目までは第3表のとおり発芽はやや低下しそれ以後は無処理との差は少ないが発芽日数を多く要した。

1954年は前年と異なり、直接所定の低温(0°C

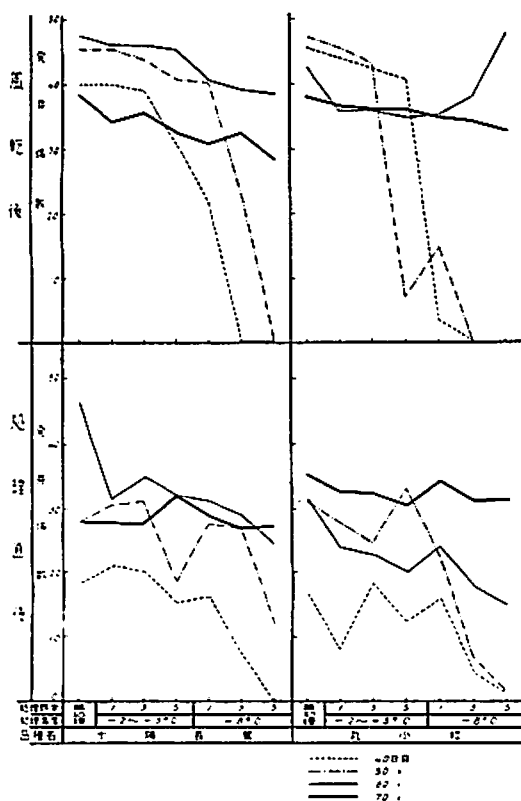
-5°C, -8°C)で処理した。-5°C以下では各処理時間とも結霜時の状態に類似した。両品種の処理材料は同一日に処理したため、熟度は一致しなかつたが、発芽歩合は0°C処理では各時間とも無処理との差も少なくまた-5°Cにおいても5時間処理がやや劣つた程度であつた。然し平均発芽日数を多く要しているため第4図(下段)に見るように発芽係数はどの処理も無処理より劣る結果

を示した。

第4図 登熟中の低温が発芽に及ぼす影響 I
1954



第5図 登熟中の低温が発芽に及ぼす影響 II
1955



1955年は両品種ともそれぞれ開花後40日目から処理したが、第5図下段のように40日目では -2°C ~ -3°C でも長時間処理すれば低温の影響はやや多く、 -8°C の5時間処理では発芽皆無かあるいはそれに近い数値を示し、これ等の外観は茎葉は勿論、子実にも明らかに凍害と認められる水浸状を呈していた。発芽日数も低温で長時間処理のものほど多く要した。

50日目では -8°C で3時間以上処理すれば発芽はやや劣つたが、60日以上を経過すればほとんど影響は見られなかつた。

1954年及び1955年の低温処理した材料を吹抜小屋で草本のまま風乾してそれぞれ翌年3月に発芽を見たところ、発芽日数はいずれも処理直後より短縮し、1954年は第4図上段のように発芽は優り1955年(第5図上段)も開花後60日を経過すれば同様であるが、前述の40日目及び50日目の低温で長時間処理のものは却つて発芽は劣つた。

IV 考 察

作物の登熟途上における子実の発育や発芽については、禾穀類に関しては古くからかなり報告があるが、大豆はいままで余り見られない。本調査によれば年により、また品種によつても異なるが子実の発芽は開花後20日で若干の発芽能力を持つようであるが、発芽試験中に廃敗するものが多く発芽には至っていない。しかしその後は急に発芽歩合が上昇を示し、30日で20%以上になり、さらに50日目頃になるとほとんど完全に近い発芽を示すに至つた。札幌附近における中・晩生の大豆は開花後70日程度で成熟期に達するが成熟前約20日位ですでに発芽能力は完成されると見て良いであろう。

次に熟度の進行と子実の発育の関係をみると禾穀類では受精後長さ、巾、厚さの順に発育するがその形状は概ね乳熟期までに完成することが明らかにされており、大豆の発育もほぼ同様であるとされている。すなわち長さ、巾は開花後9~20日に伸長最盛期が見られ厚さは漸進的に開花後40日目で最大に達し、その後、長さは若干増加したが成熟期に至つていずれも縮小する。⁸⁾ また開花後8~25日に粒の伸長が急速で胚細胞の増加が著しく胚細胞の伸長は休止期と伸長期を交互に繰り返す。

第4表 摘花して開花後の日数を正効にした場合の子実の発芽及び生育 (1954)

品種名	採取月日	開花後の日数	発芽				生粒					風乾粒			虫喰			
			歩合	勢	日数	係数	水分含量	長	巾	厚	100粒重	長	巾	厚	100粒重	歩合	%	
十勝長葉	8.31	20	0	0	0	0	95.1	5.81	4.34	3.03	3.5	—	—	—	—	—	—	—
	9.10	30	24	20	5.61	4.28	89.9	9.73	7.48	4.21	15.8	5.30	5.27	3.52	5.9	—	—	
	9.20	40	74	58	3.78	19.58	75.7	12.11	8.82	5.85	33.4	6.38	6.19	5.28	12.2	—	—	
	9.30	50	88	82	3.01	29.24	66.2	13.31	9.43	7.29	37.0	6.92	6.57	6.04	16.0	25.7	—	
	10.10	60	100	80	3.88	25.77	56.0	11.78	9.15	7.72	44.8	6.99	6.94	6.16	18.0	35.1	—	
	10.20	70	96	78	3.71	25.88	33.9	11.81	8.51	6.98	30.6	7.06	6.86	6.21	18.5	51.7	—	
丸小粒	9.6	20	0	0	0	0	97.1	6.33	4.72	2.16	4.2	—	—	—	—	—	—	
	9.16	30	64	28	5.57	11.49	78.5	11.27	8.31	4.11	24.1	5.25	4.55	3.04	4.5	—	—	
	9.26	40	100	76	5.24	19.08	71.2	12.26	8.86	6.08	31.7	5.75	5.45	4.49	9.7	—	—	
	10.6	50	100	100	3.17	31.55	62.9	11.71	8.33	6.97	38.3	6.36	6.40	5.41	12.4	4.4	—	
	10.16	60	90	70	4.02	22.39	55.3	11.71	8.24	6.47	30.5	6.53	6.29	5.46	12.8	19.0	—	
	10.26	70	100	90	3.21	31.15	19.5	8.50	7.63	5.95	18.0	6.29	6.29	5.69	17.5	13.7	—	

返して、段階的な生長経過をとり、粒水分の減量の激しい2つの時期（開花後4～9日及び19～25日）が見られ、莢内の着生位置による粒間の生長競争もあると言われている。⁹⁾

本調査では上述のものより調査の間隔は長いが生粒の発育を外観的に見ると開花後漸増し、50日目に長さ及び巾が最大となり、その後、次第に縮小し、厚さは60日頃に最大値を示してほぼ前述の結果に類似している。風乾粒では熟度のすすむにつれて増大しているが、40日までは厚味がなく扁平で歪形を示している。また巾と厚さは60日以後では肥大は緩慢となる。（写真参照）生粒の水分含量は登熟の進むにつれて漸減するが50日～60日頃に減少の緩慢な時期がある。しかし特に水分減少の著しい2つの時期は見られないようであった。子実重量は概ね厚さの消長に比例して前記の発芽の完成される頃とほぼ一致することは興味ある点で開花後50～60日頃は大豆登熟に重要な意味を持つている。また粒の発育順序から見て子実の充実の良否はある程度厚さによつて判定することができるようである。

通常、種子は完全に至らなくても胚がある程度発育すれば発芽するといわれ、¹⁰⁾ 禾穀類では未熟なうちに草本の形で収穫乾燥させると茎葉中の養分が子実に移行して後熟の効果をあげるとし、¹²⁾ 大豆の場合は乾燥方法の差異によつて発芽におよぼす影響は異なり、特に高温で急激に乾燥した場

合は著しく発芽を害したと言う。¹¹⁾ 本調査でも莢をもぎ取つて直射日光で乾燥したところ開花後50日に満たない場合は著しく発芽を低下した。これは、一般に種子乾燥温度は40°C以下とされていることから考えても急激な高温乾燥や莢をもぎ取つたことによつて、茎葉からの成分の転流の道を絶たれること等のためと考えられる。一方、草本のままに乾燥した場合には後熟日数の増加につれて発芽は上昇した。ここで注目すべき点は後熟すると何れの場合でも発芽日数が短縮したことであるこれは未熟なうちは収穫直後脱粒したものよりも、後熟したものは乾燥方法等の取扱いによつても異なるが、子実中の主成分である蛋白質及び脂肪含量の増加を見、子実重量も増加して茎葉からの転流が行われていることを示し、発芽には脂肪よりも蛋白質含量が影響するといわれている。¹¹⁾ しかし可成り熟度が進み蛋白質含量に差が見られなくなつてからでも採取直後に比べると、後熟させたりして一旦乾燥させれば発芽歩合はどちらも完全であるが、発芽日数が短縮されていることを見れば蛋白質含量の他にも何か発芽上昇の原因があるかも知れず、今後の検討を要する問題である。

次に登熟中の低温処理が発芽におよぼす影響を見れば、一般的に収穫適期前に初霜に遭遇した場合は、大豆が落葉始に達しており、その後の乾燥さえ十分であれば種子としても差支えないと言われている。²⁾ 1953年の処理では未熟な程発芽歩合

は劣り発芽日数を多く要したが、処理による発芽減少の限界熟度はほぼ開花後60日位と見て良からう。1954年の処理は概ね前記の発芽減少限界に近い熟度から処理を行ったためと思われるが、低温で長時間処理されても発芽低下は著しくなかつた。1955年では開花後50日目までは処理温度が低く処理時間が長いほど発芽は低下して未熟なうちに低温に遭遇すると発芽に重大な影響をうけることを示していた。これ等を草本のまま風乾すると処理直後に比べ可成り発芽は上昇したが、開花後50日以前の場合は発芽歩合も劣つた。なおいずれの場合でも発芽日数は著しく短縮している。ここでも開花後50日程度の熟度が発芽減少の限界と見られ、前述した発芽の完成や子実重の最大期との関係から見ても、この時期が大豆の発芽に対して重要な時期であると言えよう。

以上熟度の判定は一応開花後の日数を基準としてきたが、実際には案外不正確であることは本調査の結果から同一品種でも年次によつて成熟までの日数が異なつているのを見ても否定できない。さらに品種により、また圃場、年次等により気象条件等が異なり同一日数を経過しても熟度は必ずしも同一ではない。米麦においては熟期を乳熟、糊熟、黄熟、完熟さらには枯熟等に分類している。^{12,13}そこで大豆を外観的に本調査に供用した十勝長葉、丸小粒を対象として次の分類を試みた。すなわち

1. 緑熟期：子実は緑色宿薄で水分多く、いわゆる水っぽい感じがする。(開花後30日頃まで)
2. 晩緑熟期：子実の緑色はやや褪せて緑黄白となるが、水分はまだかなり多い。(開花後30~40日)
3. 早黄熟期：子実は概ね黄白色で、肥大の終期の頃(開花後40~55日)
4. 晩黄熟期：子実の容積、重量ともに最大値を示す時期で、肥大完了を意味し、子実の色は黄白となるが水分はまだやや多く、落葉期で、莢の色も目立つて褐色となる。(開花後50~65日)
5. 完熟期：子実の水分は減少し莢は硬化して完全に品種固有の色沢となる。(開花後60~70日)

この分類も普通大豆には適用できるとしても、黒色粒あるいは緑色粒の品種では不十分で、今後の研究にまたなければならない。

上記の分類により晩黄熟期すなわち開花後50~65日は、子実の形状の最大期で内容的にもほぼ充実し、子実肥大の頂点とも言うべく、発芽能力もこの時期に達すれば完成されていて、通常の秋新で考えられる程度の低温では発芽の害されない限界であつて、大豆子実の熟度に重要な意義を持つ時期であると言えよう。

次に発芽試験は高温(30°C)の恒温器を用いて実施してきたが、大豆の発芽は温度が低いほど発芽歩合劣り、発芽日数を多く要している。¹⁾また低温多湿条件では発芽が劣り、¹¹⁾未熟種子は圃場で発芽が著しく劣る成績もあり、^{1), 11), 12)}また大豆同様高温発芽性作物といわれる玉蜀黍は春季播種環境に近い冷温多湿土壌における発芽が、高温発芽に比し著しい発芽減少を示し、種子の薬剤散布の必要性が強調されている¹⁴⁾こと等からも、今後実用上の問題として低温多湿条件の土壌を用いる試験も十分考慮しなければならないであろう。

V 摘 要

1. 1953~1955年に大豆十勝長葉及び丸小粒を用い子実の熟度と発芽の関係、後熟の効果、子実の発育経過並びに熟度を異にした種子の低温処理が発芽におよぼす影響等を調査した。

2. 熟度と発芽の関係は年次により、また品種によつても多少異なるが、開花後30日目まで20%以上の発芽を示し、以後急激に上昇して50日目頃に至るとほぼ完全な発芽を示すに至り、熟度の進むにつれて平均発芽日数も短かくなつた。

3. 後熟の発芽におよぼす影響を見ると未熟なものは高温で急激に乾燥させると著しく発芽を害したが、草本のままでかけ乾すると発芽は増進され、その増進の程度は未熟な場合ほど著しかつた。なおいずれの場合でも後熟すると発芽日数の短縮が目立つた。

4. 熟度と子実の発育経過を見れば、生粒の長さ、巾は熟度のすすむにつれて増大し、開花後50日頃に厚さはそれより10日位遅れていずれも最大となり以後粒水分含量の減少にともない縮小した。従つて生粒重量は開花後60日目に最大値を示した。

子実の水分含量は漸減したが、開花後50日目から60日目に至る間はやや緩慢であつた。

風乾粒の長さ、巾、厚さ及び重量は、登熟のすすむにつれて漸増した。

5. 登熟中の低温処理の結果では、自然状態における初霜程度の低温では、開花後10日以上経過していれば、発芽低下は著しくなかつた。処理後草本のまま風乾すると、後熟の効果も加わるためか処理直後に比べ発芽は優る傾向が見られた。よつて通常の初霜程度の条件であるならば、開花後55日以上熟度に達していれば、霜害の発芽におよぼす影響は極めて少ないものと解される。

6. 熟度を開花後の日数で区分するのは、かなり不正確であるが、大豆の熟度を禾穀類等に見られるように次の分類を試みた。すなわち 1. 緑熟期, 2. 晩緑熟期, 3. 早黄熟期, 4. 晩黄熟期, 5. 完熟期とした。

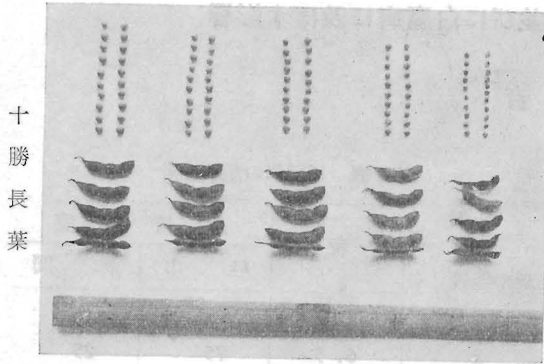
7. 上述の熟期による晩黄熟期は、発芽能力も完成され、子実の形状、重量も最大を示し肥大の頂点とも言うべく、また初霜程度の低温処理による発芽能力を低下しない限界熟度でもあり、大豆子実の登熟上重要な意義を持つ時期であると言えよう。

考 文 献 参

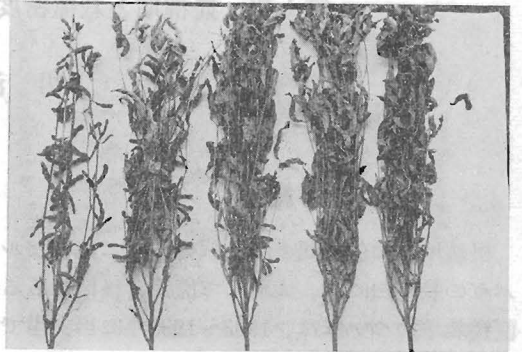
- 1) 井上重陽 (1953) : 種子の発芽温度に関する研究 第9報 大豆 日作紀第21巻 第3~4号
- 2) 藤原貞夫 (1950) : 豆類の栽培 (北農叢書) 北農会
- 3) 北海道立農業試験場 (1954) : 事業成績
- 4) 北海道立農業試験場 (1955) : 事業成績
- 5) 北海道立農業試験場 (1956) : 事業成績
- 6) 犬塚正, 小玉資雄, 桑原武司 (1955) : 大豆の発芽について 北農研究抄報 第2号
- 7) 犬塚正, 小玉資雄, 桑原武司 (1955) : 大豆の発芽に関する研究 (贈写)
- 8) 鎌田悦男 (1952) : 大豆における子実の発育過程 (1) (2) 日作紀 第20巻 第3~4号
- 9) 加藤一郎, 坂口進 (1953) : 大豆不稔実粒の発生機構に関する形態学的並びに生理学的研究 I ~II 日作紀第21巻 第3~4号
- 10) 永井威三郎 (1948) : 実験作物栽培各論 第2巻 養賢堂
- 11) 尾崎薫, 斎藤正隆, 新田一彦 (1956) : 大豆の熟度と発芽能力の関係 北農 第23巻 第4号
- 12) 手島寅雄 (1954) : 栽培学種子編 養賢堂
- 13) 安田貞雄 (1948) : 高等植物生殖生理学 養賢堂
- 14) 安田貞雄 (1949) : 種子生産学 養賢堂

第1図版 熟度別の莢及び子実の形状 (1955)

第2図版 熟度別の風乾後草本形状 (1955)
十勝長葉

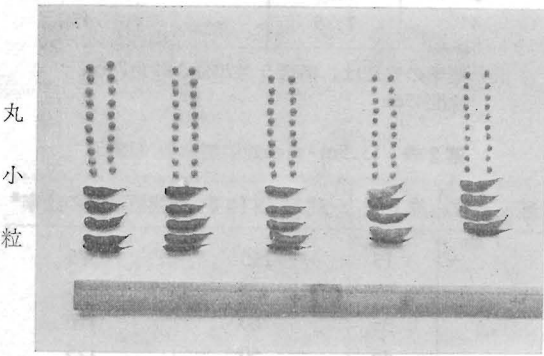


十勝長葉



開花後 70日 60日 50日 40日 30日

丸 小 粒



丸小粒

開花後 70日 60日 50日 40日 30日

303	130	12	22	42
180	25	22	22	22
130	48	22	22	22
100	40	22	22	22

注。標準の乾燥密度 1.3cm×4cm×100g



開花後 30日 40日 50日 60日 70日

表 対 照 II

1953年は常態のホワイト・マンサート・マメを供試し、第1次の1.5に乾燥した乾燥(非中、林間)の3要因として、林間と林間を比較、非中は3段階の乾燥を設け、1953年の設計では、標準の乾燥密度より乾燥を設けて、非中面並りの乾燥密度は3.5の1.5に設ける。

1953年

1954年本場でのマメを供試し、標準の乾燥密度は林間での乾燥として、林間と林間を比較、非中は3段階の乾燥を設け、1953年の設計では、標準の乾燥密度より乾燥を設けて、非中面並りの乾燥密度は3.5の1.5に設ける。

表 対 照 I

熟度	開花後日数	乾燥密度 (g/cm³)	種子数 (粒)	種子重量 (g)
1	30	1.3	22	180
2	40	1.3	22	130
3	50	1.3	22	100
4	60	1.3	22	80
5	70	1.3	22	70

注。標準密度は 2月30日採種 林間4cm。標準の乾燥密度 (林間4cm) < 100g