原料豆の貯蔵、浸漬および灌水条件が豆もやしの発芽、 生長におよぼす影響[†]

田 尻 尚 士*

Effect of Conditions of Storage, Soaking and Sprinkling of Seed of Beans on the Sprouting and Growth of the Bean Sprouts

TAKASHI TAJIRI

A study was conducted to determine the effects of temperature and period on the qualities of three kinds of beans during storage, and the effects of temperature and time of soaking and sprinkling on the rate of sprouting of the beans in order to make good bean sprouts. The good bean sprouts were produced when seeds of beans were stored under 0°C and 85% RH for 5-7 months after picking, and they were soaked in water at 30°C for 5 to 7 hours and then sprinkled with water of temperature at 30°C for 15 minutes at 4 hours intervals. Under these conditions, germination rate as % was 80-83% for soybeans and Adzuki beans, and 90-91% for mung beans. The length of hypocotyl was 15-17 cm for soybeans and mung beans, and 7-8 cm for Adzuki beans. The thickness of hypocotyl was 3.5 mm for soybeans, 2.7 mm for mung beans, and 3 mm for Adzuki beans. In the cases of prolonged storage of seeds of beans at high temperature (10-20°C) rate of water absorption into the beans was low and percent of germination of the beans was considerably low. When the temperature for soaking was low and the period of soaking was inevitably prolonge sprouting of seed of beans became slow and water absorption of the beans became excessive. Then, these beans tend to decay. When the temperature of sprinkling water was low, the lengthening and thickening of hypocotyls of beans became slow. When sprinkling water was excessive, hypocotyls became dark in color. So, the qualities of the bean sprouts were hard to retain marketable condition.

(Received Aug. 9, 1979)

豆類もやしの需要は増大の一途をたどっている。わが国では長崎において明治40年¹⁾頃より専門の製造業者が出現し、種子を浸漬、発芽させ、夏期にのみ栽培する小規模なものであったと言われているが、明確な文献、記録は残されていない。現在²⁾では都市周辺部を中心に約1,280社が存在するが、製造方法、品質管理面において不明な点が多く、栽培時期、原料豆の品質などが製品豆もやしの品質を左右し、市場性もきわめて不安定で

ある。

この点に着目し、いかなる条件で原料豆を貯蔵し、発芽、栽培すれば四季を通じて平均した良質の豆類もやし製造されるかにつき、大豆、緑豆、小豆を用いて実験したのでここに報告する。

実 験 方 法

豆類もやしの製造方法は前報³⁾と同様に行なった。

† 豆類もやしの製造と鮮度保持性に関する研究 (第2報) (前報文献 3))
Studies on Production and Keeping Quality of Beans Sprouts (Part 2)

* 近畿大学農学部食品加工学教室 (〒577 東大阪市小若江 3-4-1)
Laboratory of Food process, Faculty of Agriculture, Kinki University.
Kowakae, Higashi-Osaka, Osaka, 577

1. 材 料

北海道産大豆袖振 (*Glycine max* Merr), 四国産緑豆 (*Vigna radiata*, L), 北海道産小豆 (*Vigna angularis* L) を用いた。

2. 原料豆の吸水量

原料豆を収穫直後より 16 カ月間にわたり 0, 10, 20°C・RH 85% (湿度は常に RH 85% の一定とした。) 恒湿恒温室に各原料豆を 2,000 粒貯蔵し, 適時 100 粒を取り出し浸漬水温 30°C 下で吸水させ, 重量増加より吸水量を求めた。

3. 発芽率

2 と同様の処理操作を行なった原料豆各々 1,000 粒を 1 斗樽 (桧製) に投入し, 電磁弁により恒温タンクを通じて 20, 25, 30°C の水を 4 時間毎 15 分間灌水し発芽率を求めた。

4. 豆類もやしの生長度測定

上述の吸水, 発芽率において最良区であった 0°C・RH 85% 下で収穫 5 カ月間貯蔵の原料豆各々 1,000 粒を用いて, 20, 25, 30°C の 3 灌水区を設定し, 7 日間の栽培を

行い, 各豆もやし 100 体につき胚軸の長さ, 太さ, 生体重, 胚軸と根部の比率 (もやし部全長と胚軸部の長さ) を経時的に測定した。

実 験 結 果

1. 原料豆の吸水量

吸水所要時間は原料豆の貯蔵温度, 期間により左右されたが全般的には大豆 6~8, 緑豆 7~8, 小豆 8~9 時間を要した。

各原料豆とも浸漬水温は 30°C・5~7 時間処理が豆部の膨張感, 表皮のはりからみて最もよいと思われ, 同時に吸水状態もほぼピークを示した。浸漬時間 10 時間では原料豆は約 2 倍に膨張し, 表皮は破損し 2 分するものが多く認められ, この結果吸水過度となった。

また, 吸水傾向は各豆類ともほぼ同様相を示すが, 浸漬 1~7 時間にわたってかなり急速に吸水し, 以後きわめて緩慢な吸水状態を示した。なお, 原料豆貯蔵温度による差は, 0, 10°C 区はさほどなく, 20°C 区とは若干の差を示し, とくに, 大豆, 小豆区では浸漬 1~5 時間

Fig. 1-1 Relation between storage periods and temperatures of (raw material) beans and the time required for the completion (end) of water absorption of the beans
Temperature of soaking water: 30°C

Fig. 1-2 Effect of storage temperatures on water absorption rates of raw material beans
Storage period: 5 months Temperature for soaking: 30°C

Fig. 2 Effects of the storage period of (raw material) beans and the temperature of sprinkling on the germination of the beans

Storage temperature of beans: 0°C
Time for soaking: 5 hours

Temperature for soaking: 30°C
Sprinkling of water: 15 minutes at 4 hours intervals

まで吸水作用は緩慢で以後かなり急速に吸水する傾向が認められた。大豆は緑豆、小豆より浸漬直後の吸水量はやや低く、吸水終了は約1時間早い結果を示した。

原料豆の貯蔵温度と期間が吸水速度におよぼす影響をみると、貯蔵温度が高いほど緩慢であり、低い場合は急速であり、短時間で吸水完了する。貯蔵期間により吸水状態は異なり、貯蔵期間が短期(1~3ヵ月)、長期(12~16ヵ月)では吸水速度は緩慢で、貯蔵5~7ヵ月間が最も吸水作用は活発であった。

この結果、豆類もやしの製造、栽培における原料豆の浸漬は30°C・5~7時間処理が最適であり、原料豆の貯蔵は0°C(RH85%)で5~7ヵ月間が良好であった。浸漬過度(吸水過度)となると原料豆は2倍強に膨張し、豆部は2分し胚芽部は離脱した。

2. 原料豆の発芽率

1の最良区[0°C(RH85%)・5ヵ月貯蔵原料豆を30°C・5時間浸漬]の処理を行なった結果、大豆、小豆は類似した発芽率を示した。

各豆類区とも実際の製造過程でみられる80%弱よりやや高い80~83%となり、緑豆では他の豆類より高い90~91%となった。灌水温度別にみれば温度が高いほどその発芽率は高く、30°C区が最高であり、実際の製造過程における処理温度と一致した。原料豆の貯蔵温度、期間別にみれば吸水量と同様0°C(RH85%)・5ヵ月貯蔵区が最良の発芽率となった。大豆、小豆では貯蔵12~16ヵ月では発芽率75%前後となり最良区より約10%低下する。緑豆では16ヵ月貯蔵で最良区より低下するが80%前後と高い発芽率を示した。

3. 豆類もやしの生長度

(1) 胚軸部の肥大生長はFig. 3-1に示した。各豆類もやし区とも栽培5日前後が最高値を示し、以後若干細くなった。灌水温度別では温度が、高いほど肥大生長は大きく、早い傾向を示し、大豆もやしではこの傾向が顕著であった。大豆もやしは緑豆、小豆もやしより0.6mm前後太く、小豆もやしの胚軸肥大は緑豆、大豆よりも緩慢で栽培4~6日間ではほぼ肥大生長は終了した。灌水温度30°Cと20°C区では各もやしとも胚軸肥大は1.0~0.5mmの小差となった。

(2) 胚軸部伸長度はFig. 3-2に示した。伸長度は大豆、緑豆もやしでは子葉附着点から根部先端までとし、小豆はもやしでは子葉附着点から胚軸部先端までとした。伸長度は栽培日数の増加と正比例して増加、栽培5日間で最高点となり、以後ほぼ伸長は停止する傾向がみられた。灌水温度20、25°Cでは30°Cに比して2~4日間伸長度が遅れた。大豆、緑豆もやしに比べ小豆もやしは約1/2の伸長となった。これは小豆もやしは他のもやしと異なり、胚軸部と根部が同時に別途に出芽、生長するためであろう。本結果は収穫後5ヵ月間0°C(RH85%)に貯蔵した場合の原料豆を使用したもので、灌水温度別にみれば、温度が高いほど伸長度は大きく、とくに、30°Cと20°C区では栽培5日間で大豆もやし10.3cm、緑豆もやし10.2cm、小豆もやし3.8cmの大差を生じた。前述の胚軸部の肥大生長と反比例し、伸長度が大きくなる時点では肥大生長は低下期となり、ある程度胚軸が肥大したのち胚軸は伸長期へと移行することが認められた。

Fig. 3-1 Effect of temperature of sprinkling water on the elongation of hypocotyl of bean sprouts

Storage temperature of beans: 0°C
Time for soaking: 5 hours
Sprinkling of water: 15 minutes at 4 hours intervals

Fig. 3-2 Effect of the temperature of sprinkling water on the growth of bean sprout

Storage temperature of beans: 0°C
Time for soaking: 5 hours
Sprinkling of water: 15 minutes at 4 hours intervals

Fig. 3-3 Effect of the temperatures of sprinkling water on the weight of bean sprouts

Storage temperature of beans: 0°C
Time for soaking: 5 hours
Sprinkling of water: 15 minutes 4 hours intervals

Fig. 3-4 Changes in growth rates of hypocotyls and roots of bean sprouts

Storage temperature of beans: 0°C
Time of soaking: 5 hours
Sprinkling of water: 15 minutes at 4 hours intervals

(3) 生体重増加は Fig. 3-3 に示した。生体重は栽培日数の増加と比例増加するが、大豆もやしでは栽培初期から栽培終了まで平均的に増加し、緑豆、小豆もやしでは栽培 2~3 日間は緩慢で 4~7 日にわたって急増する。豆もやし全重量は栽培 7 日間で大豆もやし 5 倍強、緑豆、小豆もやしでは 4 倍強となった。灌水温度別では、温度が高いほど生体重増加速度は早く大きく、その格差は栽培 4~5 日頃より大となった。全もやし重量中に占める根部重量比は、大豆もやし 40%、緑豆、小豆もやし 55~57% となり、大豆もやしは栽培初期より終期に至り平均的な状態を示し、小豆もやしでは栽培初期より終期へ漸次占有率は低下した。緑豆もやしは終始 55% 前後を保持した。

(4) 胚軸部と根部の伸長度比率は Fig. 3-4 に示したが、最良生長度を示した灌水温度 30°C 区では、大豆、緑豆もやしは類似した様相を示し、栽培初期 (1~3 日) に胚軸部の伸長度が若干高く、以後やや低下するが、小豆もやしでは根部、胚軸部が別途に発芽生長するため、栽培 1~3 日迄は胚軸部と根部の生長はさほど差がなく、やや胚軸部が少し早い程度であった。全般的に生長面での最大期となる栽培 4~5 日前後では、根部に比べて胚軸部の伸長度がやや高い傾向が認められた。栽培 5 日前後より根部に側根の発生がみられ、やや黒ずむ様相がみられた。豆類もやしでは栽培 3 日前後まで胚軸部の伸長がより盛んで以後根部の伸長がみられる。小豆もやしのみこの様相と異り、胚軸部、根部は各々栽培初期から中期へともに伸長することが認められた。

考 察

(1) 原料豆の吸水状況

浸漬直後が急激に高くなるがその後経時的に吸水作用は緩慢となる。各豆類とも浸漬 6~9 時間で吸水作用はほぼ終了する。貯蔵温度と吸水作用は、貯蔵中での外気水煮気⁴⁾と種子含水量との関係により、本実験での 0°C・RH 85% では原料豆はやや乾燥状態にあり、その結果、30°C 浸漬での吸水速度は活発で速やかだったと思われる。原料豆の貯蔵期間と吸水量では、貯蔵 5~7 カ月が最良で 1~3 カ月および 12~16 カ月貯蔵では吸水作用はきわめて緩慢で長時間を要した。収穫直後では後熟不十分であり^{5), 6)}、長期貯蔵では種子内組織の乾燥過度となり亀裂や酵素活性の低下などにより吸水作用は低下したものと考えられる。

(2) 原料豆の発芽率

各豆類とも灌水温度が高いほど高率となり、温度による差異はかなり顕著であった。0°C (RH 85%)・5 カ月貯蔵の原料豆を 30°C・5 時間浸漬し 30°C・4 時間毎 15 分灌水での発芽率は、大豆、小豆で 82~83%、緑豆 90~92% と高い発芽率を示した。吸水量と比例し、吸水作用が早く、高いほど発芽率も高い結果を示した。発芽には初期の吸水量⁷⁾が重要であり、胚、胚乳は貯蔵中に乾固状態で生長を一時停止し、浸漬により吸水後種子は休眠を打破され、発芽に際し活動が活発となることから、30°C 灌水区が最良の結果を示したが、灌水時間については、灌水量の多少や長時間連続は水分過多や酸素欠乏などを誘引し、発芽率は低下するものと考えられることから、4 時間毎・15 分灌水処理が最適であると思われる。

(3) 豆類もやしの生長度

胚軸部の肥大生長は、栽培初期が大で灌水温度が高いほど肥大生長⁸⁾は速くなる。肥大生長は細胞の増加でなく細胞の肥大によるものとされており、栽培日数が経過

するにつれ肥大期より分裂期への進行し、次いで栽培中期 (3~5日) より胚軸部は伸長期へと移行し胚軸部は急速に伸長、細化する。以後双葉の発生や、側根発生へと進展する。この様相は各豆類もやしに共通し、灌水温度が高いほど伸長度は高く早い。

胚軸部生体重増加は、各豆類もやしも栽培 3~7 日へと大きく増加し、以後さほど変化しない。灌水温度による差異は非常に小さい。根部の増加も胚軸部と同傾向を示すが豆類もやし中に占める根部重量は栽培日数の増加とは逆に低下する。これは根部細胞¹⁹⁾の分裂により、側根などの発生期へ進行するため根部の生理的生長期に至ることが原因であろう。最良生長を示した大豆、緑豆もやしでは 30℃ 灌水区では栽培初期の 3 日前後に胚軸部の伸長率は低下し、以後ほとんど変化なく漸次根部の伸長が高まる。これは、両植物¹¹⁾の茎、胚軸にみられる組織、形成層が進展し胚軸部は地上、地下部に分裂するためであろう。

小豆もやしでは、胚軸部、根部が別途に発芽生長するがほぼ傾向は類似し、栽培 1~4 日間は胚軸伸長が大きく、以後は低下する。各類もやしも栽培日数の増加につれ、組織は充実、発達し細胞分裂や形成層が次第に進展し根部は若干遅れて充実進行することから胚軸部生長は一時停止し、根部の充実、根毛発生へと移行するものである。

要 約

豆類もやし製造における原料豆の貯蔵と浸漬、灌水の温度条件などによる発芽、生長につき検討した。

1. 原料豆の吸水、発芽は浸漬水温、灌水温度や時間により左右される。各原料豆とも浸漬水温 30℃ が最適であり、収穫後 5~7 カ月貯蔵の原料豆が最高の吸水、発芽率を示した。原料豆の貯蔵温度は本研究の範囲内では、0℃・(RH 85%) が最適であった。貯蔵温度が高く、浸漬水温が低い場合では吸水速度は遅く、原料豆は軟弱となり胚軸部の離脱が多発する。吸水要時間は 5~9 時間、発芽率は大豆、小豆で 82~83%、緑豆 90~91% となった。結果、浸漬、発芽は速やかに行い原料豆組織の破壊をまねかね様処理することが重要である。浸水、吸水が速やかであれば発芽率も良好で以後の胚軸部の肥大生長も良好で栽培操作が良好となる。また、30℃・4 時間毎 15 分灌水処理が最適であり、灌水温度は原料豆を軟化、腐敗させる原因となった。

2. 豆類もやしの生長度は、栽培初期 (1~3日) に胚軸部の肥大生長期を示し、次いで胚軸部伸長と根部伸長となり、漸次根毛発生から本葉発生へと進行するので、豆類もやし栽培において初期 1~3 日間の灌水処理が重要不可欠となる。生体重増加は栽培日数の増加とともに大となるが、胚軸部重量は栽培初期より緩慢に低下する。小豆もやしは大豆、緑豆の上述の様相と異なり、栽培中期まで増加し、以後漸次重量は低下する。栽培 7 日以上となると双葉、根毛が発生し、豆もやしの市場性は消失する。

3. 総合的には、原料豆は収穫後 5~7 カ月間 0℃・(RH 85%) で貯蔵し、30℃・5~7 時間浸漬し、発芽床に移し 30℃・4 時間毎 15 分間灌水を行えば大豆、小豆で 80~83%、緑豆：90~91% の良好な発芽率となり、以後の栽培もきわめて順調となる。栽培 5 日前後が市場性最適のもやしとなり大豆 15~17 cm、小豆 7~8 cm、緑豆 15~17 cm の長さとなり、胚軸部の太さは、大豆もやし 3.5 mm、緑豆もやし 2.7 mm、小豆もやし 3.0 mm となり、良質の豆類もやし栽培、製造された。

終りにのぞみ本実験の遂行にあたり、有意義な御指導を頂いた大阪府立大学教授故緒方邦安博士、ならびに農学博士茶珍和雄氏をはじめ園芸食品利用学研究室の各位に深謝いたします。

文 献

- 1) 農林水産省食品流通局野菜振興課：特産野菜ハンドブック，地球社，p. 450 (1977)。
- 2) 同 上： p. 452。
- 3) 田尻尚士：日食工誌 26, 18 (1979)。
- 4) HYDE, E.O.C.: *Am. Bot. N.S.* 18, Plate 2, 240 (1954)。
- 5) 中山 句：農林種子の発芽，内田老鶴園新社，42 (1966)。
- 6) 同 上： p. 132。
- 7) 古谷雅樹・宮地重遠・玖村敦彦：生活環の制御 (植物生理学講座 4)，朝倉書店，p. 201 (1972)。
- 8) DONEEN, L.D., and MACGILLIURAY, J.H.: *Plant Physiol.*, 18, 574 (1943)。
- 9) 宮崎義光：豆もやしに関する実験的研究，園芸学研究集録 3, 257 (1946)。
- 10) 古谷雅樹・宮地重遠・玖村敦彦：生活環の制御 (植物生理学講座 4)，朝倉書店，p. 61 (1972)。
- 11) 同 上：物質の交換と輸送 (植物生理学講座 5)，朝倉書店，p. 31 (1972)。

(昭和 54 年 8 月 9 日受理)