農業気象 (*J. Agr. Met.*) 46 (4): 191–195, 1991

インゲンマメ下胚軸の発根に対する ミスト処理の影響

田中丸重美・木村 和 義

(岡山大学資源生物科学研究所)

Effect of Mist Treatment on Rooting of Hypocotyl Cuttings of Kidney Bean

Shigemi TANAKAMARU and Kazuyoshi KIMURA

(Research Institute for Bioresources,
Okayama University, Kurashiki 710, Japan)

We examined the rooting response of cuttings of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Yamasiro-kurosandomame) under mist treatment. Water cultured hypocotyl cuttings were propagated under continuous deionized water mist at 20°C.

Continuous mist treatment for 12 days inhibited rooting of hypocotyl cuttings of kidney bean. The inhibitory effect of mist treatment on rooting increased with the increase in treatment duration from 2 to 12 days.

The mist treatment was inhibitory on hypocotyl cuttings taken from seedlings 5, 12 and 19 days after sowing. The inhibitory effect was unaffected by light at an intensities of 0, 3, and 8 Klux.

Anatomical observation of the hypocotyl suggested that mist more strongly affected root primordia development or root elongation than root primordia formation in the hypocotyl.

Key words: Kidney bean, Mist, Rooting inhibition.

キーワード: インゲンマメ, 発根, ミスト処理

1. 緒 言

著者らは、雨に対する植物反応に関する研究をすすめている。雨水によって植物体が濡れた場合、植物は様々な反応を示す。著者らは既に、降雨処理によって、作物葉の乾物生産速度が低下することや(木村・田中丸, 1980; 1981), 作物葉の伸長は降雨処理によって一時的に促進されるが(木村・田中丸・有吉, 1982), 長期間の処理では抑制されること(木村・有吉, 1983)などを報告してきた。

ところで、多雨長雨による作物被害としては、水害・収穫時の雨害・湿害等がある。長雨による湿害は土壤中

の酸素不足による根の活性低下あるいは枯死にその主な原因があると考えられている(吉田, 1977)。しかし、地上部が雨によって濡れることで、地下部の生育にどのような影響があるかについては圃場での地下部の調査に多大の労力を要することもある、ほとんど知見がない。

本報では、雨が地上部を濡らすことにより発根や根の生長にどのような影響を与えるかについての基礎的な資料を得ることを目的として、インゲンマメを材料にしてミスト処理が不定根の発根にあたえる影響について検討した。インゲンマメは初期生育での不定根の占める率が高く、また、その発生の良否によって後の生育に大きな影響があることが知られている(田中ら, 1969)。

なお、不定根とは根以外の器官から二次的に形成される根であり、インゲンマメ下胚軸の場合は、茎の内鞘細

1981年11月27日 中四国支部大会にて発表

1989年11月14日 受領, 1990年10月30日 受理

胞が分裂能を回復し、並層分裂を繰返して根原基を形成し、さらに皮層を破って発根したものである。

ここでは、インゲンマメの幼植物から作成したさし穂をモデルにした実験を行ったところ、連続的なミスト処理によってさし穂からの発根および根の伸長が著しく抑制されることが明らかになったので報告する。

2. 材料と方法

材料はインゲンマメ (*Phaseolus vulgaris* L. 品種：山城黒三度菜豆) のさし穂を用いた。ガラス温室でバーミキュライトを用いた鉢植えとして育てた播種後 10～12 日目の、初生葉が完全に展開した植物を地際の下胚軸の部分で切り取りさし穂とした。さし穂の作成は実験開始直前に、作成後直ちに蒸留水を溜めたフラスコ中に挿した。

さし穂の培養は、発根部の条件を均一化する目的で水耕法を用いた。作成したさし穂は下胚軸の発根部を暗黒に保つ目的でアルミ箔で覆った三角フラスコ (容量 200 ml) に、切り口から 4 cm が蒸留水につかるように挿した。さし穂の上胚軸にシリコンゴムをまき、穴あきのゴム栓にとおし、さらにその上部からワセリンを塗りフラスコ中に処理したミスト水が入らないようにした。

実験は、20℃の恒温室中で陽光ランプ (東芝製) と自然昼光色蛍光灯 (リアルクスランプ, FL20 EDL 50, 松下電器製) による人工照明下 (照度 8 klux: 12 時間明期, 12 時間暗期) で行った。ミスト処理は、イオン交換水を吐出圧 1.5 kg/cm², 吐出量 10 l/hr のチューブポンプを用いてノズルから 1 日 24 時間噴霧させて、連続的に行った。ミスト処理の強度は 5 mm/hr でありミストの平均粒径は 0.24 mm, 密度は 38 個/cm²・sec であった。

発根数の調査にあたっては、不定根が下胚軸表皮から 1 mm 出た時点で発根したこととし、1 mm 以上の根を計数した。さし穂からの不定根の数および発根した根の中

で最長のものの長さを実験開始から 2 日おきに毎定時測定した。実験は 1 区 8～10 個体用いて行い、2 回以上反復した。各反復の結果は、同様の傾向を示したので、ここではその内の 1 つを結果として示した。

根原基の数の測定は、実験終了後下胚軸を切り取り、ホルマリン・酢酸・アルコール (ホルマリン: 氷酢酸: 50% エタノール, 5:5:90) で固定した後、常法によりパラフィン切片を作成し、メチレンブルーで染色して行った。

3. 実験結果および考察

3.1 不定根の発根におよぼす連続ミスト処理の影響

12 日間連続ミスト処理したさし穂からの不定根の発根状態を Table 1 に示した。インゲンマメの不定根は下胚軸の長軸にそって 4 列に発根した。また、発根は水につかっていない部分から見られた。さし穂当たり発根数は対照区の平均 72 本に対して、ミスト処理区では 3 本となり、ミスト処理によって不定根の発根が著しく抑えられた。また、発根した不定根の長さは、無処理区が平均 36 mm であったのに、ミスト処理区では 2 mm となり根の伸長も著しく抑制された。これに伴い根の乾重も小さくなった。

以上のように、連続的なミスト処理により植物体地上部を濡らすことによってインゲンマメさし穂の下胚軸からの不定根の発根および根の伸長が著しく抑えられることが、明らかになった。

3.2 ミスト処理期間の長さとの不定根発根

ミスト処理による不定根発根の抑制効果が、処理期間の長さによってどう変わるかを検討した。ミスト処理期間を実験開始から 0 (無処理区), 2, 4, 6, 12 日間と変化させた区をもうけた。実験開始から 12 日目の発根数を、Fig. 1 に示した。ミスト処理期間が長くなるにつれ不定根発根を抑制する効果は大きくなり、2, 4, 6, 12 日間ミ

Table 1 Effect of mist on rooting of hypocotyl cuttings of kidney bean.

Cuttings taken from 12-day-old seedlings were misted continuously with deionized water for 12 days at 20°C under a 12-hours daylength with a light intensity of 8 klux from fluorescent and metal-halide lamps. Distilled water in 200 ml flask renewed daily was used for propagation. Measurement was made on 12th day after the beginning of the experiment.

Treatment	Number of roots emerged (number/cutting)	Length of root emerged (mm)	Root dry wt. (mg/cutting)	Whole plant dry wt. (mg/cutting)
Control	71.9 ± 3.0 ^{*2}	35.6 ± 1.6	15.7 ± 1.4	486.5 ± 6.3
Mist	3.4 ± 0.4	2.4 ± 0.3	0.1 ± 0.0	393.7 ± 9.1

^{*1} The longest root emerged in each cutting was measured.

^{*2} Mean ± S. E. Sample number was fifteen per lot.

Fig. 1. Effect of mist duration on rooting of hypocotyl cuttings of kidney bean. Cuttings taken from 12-day-old seedlings were misted with deionized water at 20°C for 0, 2, 4, 6 and 12 days. Number of roots per cutting were determined on 12th day. Horizontal bars show S. E. of each data. Other experimental conditions were the same as in Table 1.

スト処理区の発根数は、無処理区のそれぞれ82, 64, 50, 11%となった。どのミスト処理区の発根数とも無処理区と有意な差がみられた。

3.3 植物体のエージとミスト処理の影響

ツタなどでは植物体のエージによっても、発根に影響があることが知られている (Poulsen and Andersen, 1980)。そこでさし穂のエージがミスト処理の効果にどのような影響があるかを検討した。

播種後実験開始までの生育日数が、5, 12, 19日の植物材料から作成したさし穂の発根にあたるミスト処理の影響をみた (Fig. 2)。ミスト処理は実験開始から7日目から6日間行い、12日目に調査を実施した。まず無処理区での発根をみると、植物のエージが大きいほど発根数が増える傾向がみられ、さし穂あたり発根数は19日苗では平均24本であったのが、12日苗、5日苗ではそれぞれ14, 13本となった。ミスト処理区でも同様の傾向がみられ、19日苗からの発根は8本であったが、12日苗では4本となり5日苗では2本となった。

さし穂からの発根には、葉からの光合成産物の供給が必要とされる (Ohta and Fukukawa, 1975)。本実験で両区ともエージが進むほど発根数が増えたのは、エージの進行とともに葉面積も拡大し、炭水化物の蓄積も増大し、また下胚軸も長くなるため、発根数が増加すると考えられる。

しかし、ここで供試したどのエージの苗においてもミスト処理区の発根数は無処理区のそれより著しく少なく、ミスト処理による抑制効果は、エージによってさほど影響を受けなかった。

Fig. 2. Effect of mist on rooting of different-age hypocotyl cuttings of kidney bean. Cuttings were taken from seedlings 5, 12 and 19 days after sowing. Mist treatment was given for 6 days from 7th day to 12th day after the beginning of the experiment. The number of roots on each cutting was determined on the 12th day.

以後の実験ではさし穂の材料として播種後10～12日目の苗を使用した。

3.4 明期の光強度とミスト処理

光は光合成や植物ホルモンのバランスなどを介して発根に影響することが知られている。そこで、明期の光強度が、ミスト処理の不定根発根抑制効果にあたる影響をみた。12時間明期+12時間暗期で行った実験の明期の光強度を0 (全暗黒)、3, 8 klux とした区を設けて実験を行った (Fig. 3)。ミスト処理の時期、調査の日は前項の実験と同じとした。

無処理区のインゲンマメの発根数には差はなく、全暗黒の条件下でも明区を持つ区でも同様に発根した。ミスト処理区の発根はどの光強度でも抑えられた。この実験での光強度は光合成の面からみるとかなり弱かったせいか、ミスト処理の発根抑制効果に光強度の影響は小さかった。また、ポプラなどでは光によるさし木の発根抑制効果は植物ホルモンによって制御されていることが知られている (中村・陣内, 1976)。インゲンマメでも植物ホルモンの発根への関与が知られている (Altman and Warening, 1975)。しかし光強度と植物ホルモンとの関係についての報告はない。いずれにしても本実験の範囲の光強度では、ミスト処理の発根抑制効果に影響をおよぼさなかった。

3.5 ミスト処理の時期と不定根の発根

一連の実験で、実験開始から4～7日目に不定根の発

Fig. 3. Effect of mist on rooting of hypocotyl cutting of kidney bean under different day light intensity.

Cuttings were misted under a day light intensity of 0 (total darkness), 3 and 8 klux for 6 days. Number of roots per cutting was determined on the 12th day from the beginning of the experiment. Length and period of mist treatment was the same as in Fig. 2.

根がおきることが観察された。前述のごとく、不定根の発根は基部細胞の脱分化、根原基の形成、根原基の伸長の順序でおきる。そこで、ミスト処理がどの段階で影響するかを確かめる目的で、最初の発根がおきる前と後にミスト処理を行って、処理時期の違いが不定根の発根およびその後の伸長におよぼす影響を比較検討した。

実験には次の区を設けた。実験開始から6日間ミスト処理したのち7日目から無処理条件に移した区（前ミスト処理区）、それとは逆に実験開始から6日目まで無処理で7日目から6日間ミスト処理を行った区（後ミスト処理区）、実験期間中連続してミスト処理を行った区（連続ミスト処理区）および無処理区の4区とした。

Fig. 4に結果を示す。無処理区では、実験開始後4日目から発根がみられ、実験終了の12日目まで発根数は増加して平均18本に達した。それに対して12日間連続ミスト処理した区（連続ミスト処理区）では、発根数の増加が緩やかで最終発根数は4本にすぎなかった。実験開始から6日間ミスト処理した区（前ミスト処理区）では、ミスト処理終了後発根数が増加して最終発根数は17本となり、無処理区とほとんど変わらない値となった。

Fig. 4. Effect of mist at different periods on rooting of hypocotyl cuttings of kidney bean. Some cuttings (BM) were misted from 1st day to 6th day and others (AM) were misted from 7th day to 12th day after the beginning of the experiment.

また、実験開始後7日目から実験終了までの6日間ミスト処理を行った区（後ミスト処理区）では、ミスト処理を始めてからの発根数の増加がほとんどみられず、最終発根数は約8本となって、前ミスト処理区よりも劣った。

無処理区での根の伸長は6日目から盛んになり、最長根長は実験終了時まで40mmに達した。連続ミスト処理区では、発根と同じように根の伸長も抑えられ実験終了時でも平均2mmにしかならなかった。前ミスト処理区では、8日目ごろから伸長し始め、実験終了時には12mmになった。後ミスト処理区では発根はあったものの根の伸長はほとんど起らず実験終了時の根長は連続ミスト処理区とおなじく2mmであった。

ミスト処理は、不定根の発根とともに根の伸長をも強く抑制した。後ミスト処理区では、ミスト処理開始時に発根していた不定根のその後の伸長がほとんどみられなかった。また、前ミスト処理区では、処理終了後発根数

Table 2 Effect of mist on root primordia formation on hypocotyl cuttings of kidney bean.

Root primordia of cuttings taken from 10-day-old seedlings misted continuously were counted microscopically with paraffin sections.

Treatment	Number of root ^{*1} primordia per cutting	
	6 th days	10 th days
Control	8.5	17.3
Mist	7.9	18.2

^{*1}Root primordia of cutting with hypocotyl 3 cm long were measured. Values are mean of 4 hypocotyls.

は回復したが、根長は伸びず、ミスト処理が根の伸長に処理後も影響を残す程度が大きいことが示唆される。

一方、実験終了後のミスト処理区の下胚軸には多数の根原基がみられた。そこで、パラフィン切片を作成して根原基の数を測定した (Table 2)。無処理区、連続ミスト処理区両区の間には発生した根原基の数の差はなかった。

不定根の発根は、1) 茎部柔細胞の脱分化、2) 根原基の形成、3) 根原基が伸長し皮層を突き破ってでる、の順で起る。ミスト処理しても根原基の形成は抑制されなかったこと、および後ミスト処理により発根後の根の伸長が著しく抑制されることから類推すると、本報告でのミスト処理は、前述の第3の段階である根原基の伸長を抑制する効果があると考えられる。

ミスト処理によって不定根発根の抑制が生ずるのは、植物体地上部が濡れることによって引き起こされる種々の植物体内の反応が関与していることが推論される。たとえば、処理によって地上部の光合成能が低下し、光合成産物の根への分配や転流が阻害され、光合成産物を利用した発根が阻害された可能性などが推察される。また、リーチングによって種々の生理活性物質が葉から流亡し、発根部への植物ホルモン(オーキシン)の集積が阻害されることや、地上部がミストによって濡れることで葉面でのガス交換が阻害され地上部から発根部位への酸素の供給が不足し発根が阻害されることなども考えられる。このような点については今後の検討に待ちたい。

いずれにせよ、長期間雨に濡れた作物は、新たな発根が阻害されるため根系の発達が劣り、その後の水ストレスへの耐性が劣ることが示唆された。

5. 摘 要

1) インゲンマメ下胚軸さし穂にイオン交換水で連続的にミスト処理するとさし穂からの不定根の発根が著しく抑制されることから、長期間の雨によって作物の発根

が阻害され悪影響のあることが示唆された。

2) 連続ミスト処理による不定根発根の抑制は、0, 2, 4, 6, 12日間とミスト処理期間が長くなるほど顕著である。

3) 連続ミスト処理による不定根発根の抑制効果は、さし穂のエージを5, 12, 19日苗と変えても、明期の光強度を0, 3, 8 klukと変えても同じように著しかった。

4) ミスト処理を実験期間の前半に行った区と後半に行った区との比較、および下胚軸での根原基の形成を切片を作成して観察した結果から、ミスト処理は根の原基の分化よりも根の伸長抑制に効果が大きいことが示唆された。

謝辞：本研究にあたり植物材料の育成および実験の実施に協力いただいた本学教務員則武超夫氏に謝意を表す。また、本研究の経費の一部は文部省科学研究費奨励研究(A)(課題番号 59760182)によった。

引用文献

- Altman, A. and Wareing, P. F., 1975: The effect of IAA on sugar accumulation and basipetal transport of ¹⁴C-labelled assimilates in relation to root formation in *Phaseolus vulgaris* cuttings. *Physiol. Plant.*, **33**, 32-38.
- 木村和義, 1978: 雨と植物—リーチングを中心として—, *農業気象*, **34**, 23-30.
- 木村和義・有吉美智代, 1983: 雨と植物反応に関する研究(V) 長時間降雨処理による植物の状態変化, *農業気象*, **38**, 371-378.
- 木村和義・田中丸重美, 1980: 雨と植物反応に関する研究(I) 乾物生産に対する降雨の影響, *農業気象*, **36**, 189-195.
- 木村和義・田中丸重美, 1981: 雨と植物反応に関する研究(II) 晴天時の乾物生産に対するミスト処理の影響, *農業気象*, **37**, 231-237.
- 木村和義・田中丸重美・有吉美智代, 1982: 雨と植物反応に関する研究(IV) 葉の伸長に対する降雨の影響, *農業気象*, **38**, 295-301.
- 中村義司・陣内 巖, 1976: 明暗所におけるさし木の発根, *日林誌*, **58**, 28-30.
- Ohta, K. and Furukawa, A., 1975: Root formation in poplar cuttings—Effect of the leaf on root formation—. *J. Jap. For. Sci.*, **57**, 420-424.
- Poulsen, A. and Andersen, A. S., 1980: Propagation of *Hedera helix*; Influence of irradiance to stock plants, length of internode and topophysis of cuttings. *Physiol. Plant.*, **49**, 359-365.
- 田中典幸・藤井義典・副島増夫, 1969: マメ科作物の根群形成に関する研究 第6報 夏作物の胚軸における不定根の生育, *日作紀*, **38**, 547-553.
- 吉田美夫, 1977: 水田におけるムギの湿害の理論と実際, *農業技術*, **32**, 492-496.