

ダイズ芽ばえの抽出力と下胚軸の肥大およびエチレン発生との関係

鄭, 紹輝
九州大学農学部農学第二講座

<https://doi.org/10.15017/23601>

出版情報：九州大学農学部学藝雑誌. 52 (1/2), pp.21-26, 1997-12. 九州大学農学部
バージョン：
権利関係：

ダイズ芽ばえの抽出力と下胚軸の肥大 およびエチレン発生との関係

鄭 紹 輝

九州大学農学部農学第二講座

(1997年7月31日受付, 1997年8月25日受理)

Relationships among Elongation Force, Hypocotyl Enlargement and Ethylene Production in Soybean Seedlings

Shao-Hui ZHENG

Laboratory of Crop Science, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-81

緒 言

安定した出芽・苗立ちを得ることは作物栽培の第一のステップである。圃場における土壌条件はさまざまな環境要因に左右され、出芽にとっての最適条件はなかなか得られにくい。特に有機物が少なく粘土質が多いアルカリ性土壌では、‘降雨—乾燥’の繰り返しによって覆土表面に形成されるクラストが、出芽を著しく阻害する例は多くみられる (Arndt, 1965; Hanks and Thorp, 1957; Taylor, 1962)。このような条件下では、芽ばえの抽出力の強弱が出芽の良否に関わる最も大きな因子であると考えられる (井之上・伊藤, 1969) が、一般に芽ばえの抽出力は種子が大きく胚軸が太いものほど強い (Jensen *et al.*, 1972; 井之上・陳, 1981; 鄭・井之上, 1990)。

ところで, Goeschlら (1966) は, エンドウの芽ばえに物理的なストレスを加えると上胚軸が肥大するのは, 発生量が増加したエチレンの作用であると報告しているが, ダイズなど下胚軸伸長型のマメ科作物においても, 芽ばえの先端に荷重をかけるとエチレン発生量が増加し, 作物によっては無荷重区の芽ばえの2~40倍にも達する場合がある (鄭・井之上, 1990)。本実験では, ダイズ芽ばえの抽出力, 芽ばえからのエチレン発生, および下胚軸の肥大の経時的な相互関係について解析を行った。

材料と方法

供試したダイズは, 西日本の代表的な栽培品種 (アキセングク) を含む中・晩生の51品種であった。これらの品種を学内の砂質壤土の圃場で栽培し, 収穫後, 低温 (5℃)・乾燥条件下で貯蔵中 (6~12ヶ月) の種子について, 各品種の100粒重を測定して算出した平均1粒重を基準に, $\pm 10\text{mg}$ の範囲にある粒を秤量・選別して用いた。なお, 本条件下で貯蔵中の種子を用いた芽ばえからのエチレン発生量は, 貯蔵期間を通じてほぼ一定であった。

芽ばえの育成: 内径4.3cm, 高さ10cmの塩化ビニル製ポット (エチレン発生量の測定には内径2.7cm, 高さ25cm, ゴム栓付きのガラス管瓶) を用い, 乾熱滅菌した有機物含量の極めて少ない砂質土壌 (含水率: 13%) を用いて播種床を作成した後, あらかじめ発根させておいた種子を, 芽ばえが上方へまっすぐ伸長するように1ポット (管瓶) 当り1粒置床した。その後, 必要に応じて1, 3および5cmの厚さに覆土し, 25℃・暗黒条件下の恒温器に搬入した。

芽ばえの抽出力の測定: Inouyeら (1979) がマメ科作物の芽ばえの抽出力の測定に供用したと同じく, 非接着型ストレイン・ゲージ荷重変換器 (UT型: 1kg) を用い, 芽ばえが所定の長さ到達した時に, その頂端部がストレイン・ゲージ荷重変換器の「荷重受け」に確実に受け止められるようにセットし, 25℃暗

黒条件の恒温器内で測定した。抽出力の経時変化は自動記録計に記録させた。

芽ばえから発生したエチレンの定量：上述の方法で育成した芽ばえについて、長さ3 cmに達したときに覆土を除去し、ガラス管瓶内の空気を完全に新しい空気と入れ換えた後、一部の芽ばえの頂部には土壤抵抗を想定して、「ストッパー」をセット（荷重処理）した（鄭・井之上，1989）。処理開始後経時的に、管瓶内のヘッドスペースガス1 mlを採取し、ガスクロマトグラフ（島津製作所製，GC12-A型，Porapak Qを充填した長さ2 m，内径3 mmのステンレスカラム装着）分析に供した。なお，本実験においては，芽ばえを含む各ガラス管瓶のエチレン量から芽ばえを含まない播種床だけのガラス管瓶のエチレン量を差し引いた値を，芽ばえからのエチレン発生量として示した。また，芽ばえから発生したエチレンの除去には，芽ばえに「ストッパー」をセットする直前にエチレン・アセトアルデヒド除去剤（箴島ら，1983）2 gを，芽ばえおよび土壤に接触しないように播種床上に置いた。

なお，芽ばえの抽出力およびエチレン発生量を測定するための操作は，芽ばえの伸長に及ぼす光の影響をできるだけ少なくする目的で，数枚の緑色セロハンフィルムで包んだ電球（20W）の照明下（Samimy, 1978），光源より1 m以上離れた位置で速やかに行った。

結果と考察

1. 芽ばえの抽出力

Fig. 1には異なる長さの芽ばえの抽出力の経時変化を示した。芽ばえの抽出力は測定開始後4～5時間目頃までは，長さ1，3および5 cmの芽ばえともに直線的に急増した。その後の抽出力の増大は，長さ3 cmおよび5 cmの芽ばえでは緩やかで，約36時間後に最大に達したが，1 cmの芽ばえでは測定開始後20時間目頃まではかなり著しく，数時間停滞の後，約48時間後まで増え続けた。

本実験で得られた芽ばえの抽出力とは，固定されたストレイン・ゲージの荷重感受部の「荷重受け」に芽ばえの先端が接触した後の，芽ばえの上方への伸長力を測定したものである。したがって，測定を開始して4～5時間後まで芽ばえの抽出力が直線的に増大したのは，「荷重受け」によって芽ばえの伸長が阻止され，芽ばえが屈曲を始めるまでの力，屈曲抵抗力と理解される。しかし，芽ばえが屈曲しはじめた後も抽出力が

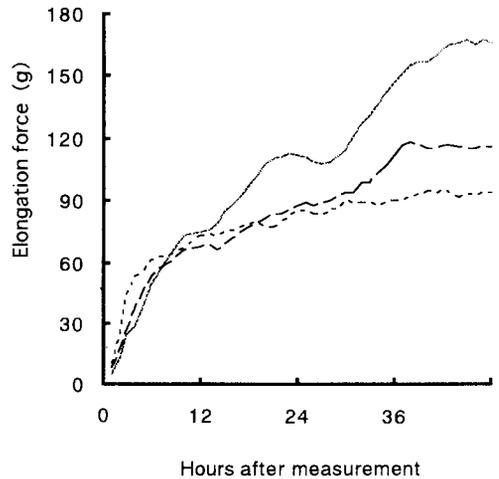


Fig. 1. Changes of elongation force with time after measurement. Length of seedlings before measurement.
 1 cm ---- 3 cm ---- 5 cm

増大したことは，芽ばえの形態的な変化と関連があると考えられる。エンドウ (Goeschl *et al.*, 1966)，ワタ (Garner and Bowen, 1966) およびダイズ (Knittle and Burris, 1979) の芽ばえにおいては，物理的なストレスを受けると胚軸が肥大する現象が報告されているが，本実験における抽出力の経時変化にも芽ばえの下胚軸の肥大が関与しているのではないかと考えられる。

2. 抽出力測定（荷重処理）に供した芽ばえ下胚軸の肥大

Fig. 2に示したように，長さ3 cmの無荷重区の芽ばえでは，下胚軸の太さは48時間後までほとんど変化していなかったが，荷重区（抽出力測定）の芽ばえでは，下胚軸の太さは処理8時間後から徐々に大きくなり始め，12時間後から急激に増大し，24時間後には無処理区の約1.5倍，48時間後には約1.8倍に達した。

3. 荷重を受けた芽ばえからのエチレン発生

エンドウの芽ばえでは，物理的なストレスを受けると，上胚軸の肥大に先立って芽ばえからのエチレン発生量が増大すると報告されている (Goeschl *et al.*, 1966)。Fig. 3によれば，無荷重区の長さ3 cmの芽ばえからのエチレン発生量は実験開始後24時間目は約12nl，48時間目は約25nlであったが，荷重区の芽ばえからのエチレン発生量は処理開始4時間後から徐々に増大し始め，8時間目以後は著しく増加し，24

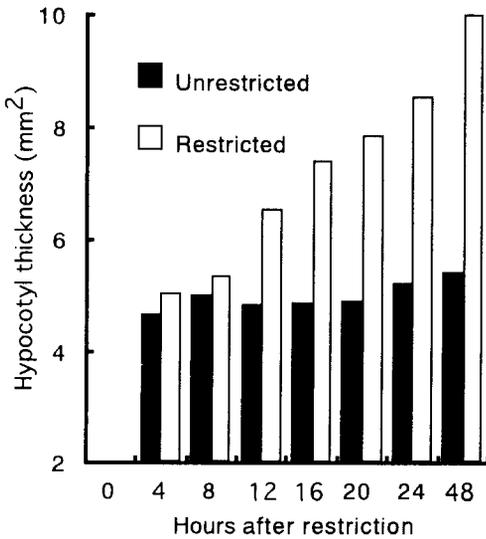


Fig. 2. Changes in hypocotyl thickness with the time after restriction.

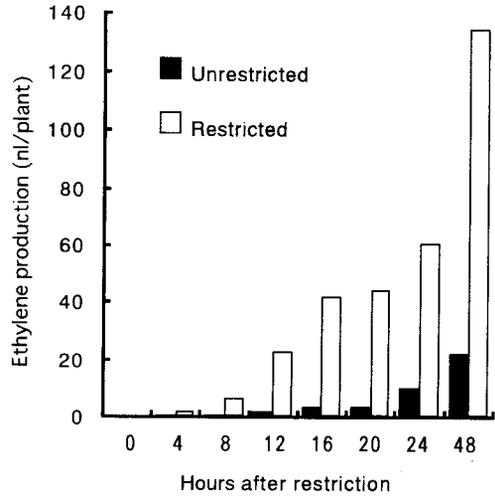


Fig. 3. Changes in ethylene production by a seedling with the time after restriction.

Table 1. Hypocotyl enlargement with or without restriction and ethylene removing agent*.

Treatment	Hours after restriction	
	24	48
Restriction, -EA**	8.15±0.59	9.92±0.66
Restriction, +EA	7.06±0.83	8.57±0.64
Unrestriction, -EA	5.61±0.19	5.44±0.50

*: Cross sectional area in the thickest portion of the hypocotyl (mm²).

** : Ethylene-acetaldehyde removing agent (Osajima *et al.*, 1983)

時間目には無荷重区の約5倍, 48時間目には約6倍であった。

前述のように, 荷重区の芽ばえ下胚軸の肥大は処理開始8~12時間後から始まったが, 芽ばえからのエチレン発生量はそれより早く処理開始4~8時間後から増大した。この現象は, Goeschlら(1966)がエンドウマメにおいて得た結果と同じで, 発生したエチレンが肥大を促進したと推察される。また, 荷重処理直前にエチレン吸収剤を芽ばえの近くに置き, 芽ばえから発生したエチレンを完全に除去した結果 (Table 1), 処理開始後24時間目, 48時間目ともに, エチレンを除去した区の芽ばえの太さは, 無荷重区よりは大きかつ

たが, エチレンを除去しなかった区より有意に小さかった。これらの結果から, 荷重処理によるダイズ芽ばえ下胚軸の肥大は, 荷重によって発生量が増加したエチレンの作用であり, 肥大した結果としてエチレンが発生したのではないことが確認された。なお, 発生したエチレンを完全に除去した場合も, 下胚軸の太さは無処理区より大きかったのは, 芽ばえ体内で生産されたエチレンが体外に放出されるまでの間に胚軸組織に作用して, 肥大を促進したためであろうと考えられる。

以上の結果をまとめると (Fig. 4), ダイズなど下胚軸伸長型マメ科作物の芽ばえでは, 頂端部にかかる荷重がある強さ以上になると, エチレンの発生量が増加し, その結果, 下胚軸が肥大し, 荷重を押し除けて伸長しようとするが, 押し退けることができないような大きい荷重がかかると, 下胚軸は屈曲を始めるが, その後も抽出力が増大して伸長しようとするようである。

4. 品種間における芽ばえからのエチレン発生量と下胚軸の肥大および抽出力の関係

ダイズ芽ばえでも荷重処理によってエチレンの発生量は増大するが, エチレン発生量の増大程度は, 処理開始時の芽ばえの伸長程度や品種によって異なるようである (鄭・井之上, 1989; 鄭ら, 1997)。本実験に供したダイズ51品種においては, 荷重を受けた芽ばえからのエチレン発生量は約40nl (茶千石9号) から

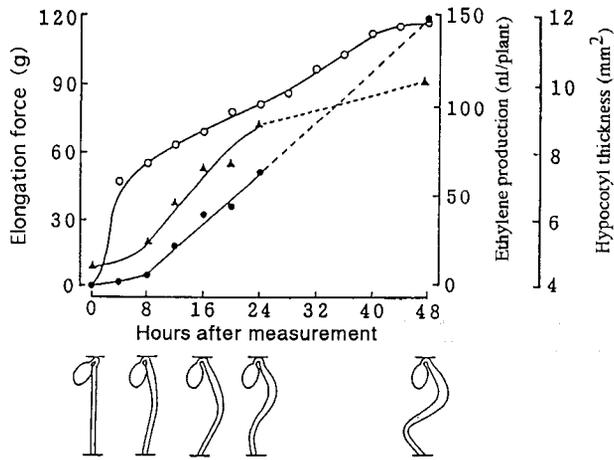


Fig. 4. Changes in elongation force (○), hypocotyl thickness (▲) and ethylene production (●) in soybean seedlings.

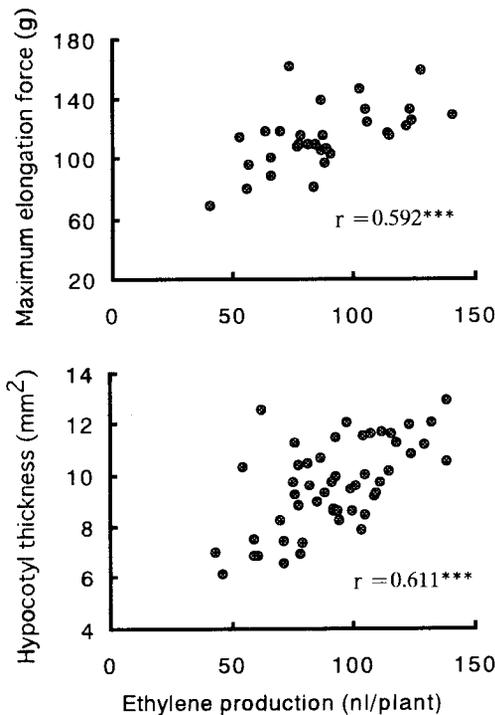


Fig. 5. Relationships among ethylene production, hypocotyl thickness and maximum elongation force. Ethylene production and hypocotyl thickness was from the restricted seedlings.
***: Significant at 0.1% level.

140nl (アキセンゴク, 丹波黒) まで変異しており, エチレン発生量と下胚軸の太さおよび最大抽出力との間にはいずれも0.1%水準で高い正の相関関係が観察された (Fig. 5).

圃場においては, 大きな土塊や土壌クラストによって芽ばえの伸長が阻害される場合, 抽出力を発揮して障害物を押し除けて出芽しなければならないが, そのためにはエチレンが多量に生成され, 下胚軸が肥大して抽出力が増大する品種の方が有利であると考えられる. しかしながら, エチレンは芽ばえの伸長を抑制するため, エチレン発生量が多いダイズ品種は出芽が遅いという不利な点もある (鄭ら, 1997). したがって, 出芽の速さを考慮すると, 本実験に供試したダイズ51品種のうち, エチレン発生量が少ないにもかかわらず下胚軸が太くて抽出力が強い阿蘇1号のほか, 無処理区の出芽えからのエチレン発生量は比較的少ないが荷重処理区の出芽えでは多く, 荷重処理による下胚軸の肥大程度が大きい (約1.7~2.0倍) アキセンゴク, 美濃緑茶大豆および山口秋大豆などは, 出芽能力の高い品種であるように思われる.

要 約

一般に, 芽ばえの抽出力は種子が大きく胚軸が太い芽ばえほど強いが, 本報ではダイズ芽ばえの抽出力の経時変化を, 芽ばえからのエチレン発生量, および下胚軸の肥大との関係から解析した.

ダイズ芽ばえの抽出力 (25℃, 暗黒条件下) は, 測定開始約 4 時間後までは急激に増加したが, その後も芽ばえの屈曲を伴いながら抽出力は漸増, または一時停滞後増大した. 一方, 抽出力の測定 (荷重処理区) に供した芽ばえの下胚軸の太さは, 無荷重区では変化がみられなかったのに対し, 荷重処理区では処理開始後 8~12 時間目にかけて急激に増大し, 24 時間目には無荷重区の約 1.6 倍, 48 時間目には約 1.8 倍に増大した. ところが, 荷重区の芽ばえからのエチレン発生は, 無荷重区に比較して処理開始後 4~8 時間目にかけて急激に増え始め, 48 時間目頃まで増え続けた. ところで, 荷重処理と同時にエチレン吸収剤を用いて発生したエチレンを除去した区の芽ばえでは, 下胚軸は無荷重区より肥大していたが, 肥大程度はエチレンを除去しなかった区より減少した. このことから, 荷重区の芽ばえ下胚軸の肥大は発生したエチレンの作用であることが示唆された. 以上の結果から, ダイズ芽ばえは出芽過程において, ある強さ以上の抵抗を受けると芽ばえからのエチレン発生量が増大し, その作用で下胚軸が太くなり, 抽出力が増大して出芽するものと考えられた.

謝 辞

本研究の遂行および取りまとめにあたり, 有益なご指導およびご助言をいただいた当講座の井之上準教授に感謝の意を表する.

文 献

Arndt, W. 1965 The nature of the mechanical impedance to seedlings by soil surface seals. *Aust. J. Soil Res.*, **3**: 45-54
 Garnar, T. H. and H. D. Bowen 1966 Plant mechanics in seedling emergence. *Trans. Ame. Soc. Agr. Eng.*, **9**: 650-653
 Goeschl, J. D., L. Rappaport and H. K. Pratt 1966 Ethylene as a factor regulating the

growth of pea epicotyls subjected to physical stress. *Plant Physiol.*, **41**: 877-885
 Hanks, R. J. and F. C. Thorp 1957 Seedling emergence of wheat, grain sorghum, and soybeans as influence by soil crust strength and moisture content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **21**: 357-359
 井之上 準・伊藤健次 1969 作物の出芽に関する研究—イネ科数種作物における幼芽の抽出力と出芽力および出芽能力の関係について—, *日作紀*, **38**: 38-42
 井之上 準・陳 日斗 1981 作物の出芽に関する研究—ダイズにおける粒重と芽ばえの抽出力—, *日作紀*, **50**: 344-350
 Inouye, J., S. Tanakamaru and K. Hibi 1979 Elongation force of seedlings of leguminous crops. *Crop Sci.*, **19**: 599-602
 Jensen, E. H. J. R. Frelich and R. O. Gifford 1972 Emergence force of forage seedlings. *Agron. Jour.*, **64**: 635-639
 Knittle, K. H. and J. S. Burris 1979 Effect of downward force on soybean hypocotyl growth. *Crop Sci.*, **19**: 47-51
 篠島 豊・園田 毅・山本房江・中島正利・下田満哉・松本 清 1983 エチレン吸収剤の開発とその利用に関する研究. *農化*, **57**: 1127-1133
 Samimy, C. 1978 Effect of light on ethylene production and hypocotyl growth of soybean seedlings. *Plant Physiol.*, **61**: 772-774
 Taylor, H. M. 1962 Seedling emergence of wheat, grain sorghum, and guar as affected by rigidity and thickness of surface crusts. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **26**: 431-433
 鄭 紹輝・井之上 準 1989 ダイズ芽ばえの伸長に伴う抽出力, 胚軸の太さ, ならびにエチレン発生量の変化. *日作紀*, **58**: 357-363
 鄭 紹輝・井之上 準 1990 数種下胚軸伸長型マメ科作物の芽ばえの抽出力, 下胚軸の肥大, およびエチレン発生量の比較. *日作紀*, **59**: 277-282
 鄭 紹輝・井之上 準 1997 ダイズ芽ばえからのエチレン発生量と芽ばえの生長および出芽の関係. *日作紀*, **66**: 402-406

Summary

Elongation force (Ef) exerted by a seedling may be the most important factor for successful emergence under soil crust condition. In this paper, soybean seedling Ef was measured and its relations with seedling ethylene production and hypocotyl enlargement were investigated.

The Ef exerted by a seedling increased dramatically with about 4 hours after setting

the tip of seedling against the force receptor, then the Ef gave a gradual increase and reached a maximum after 36 to 48 hours although the seedling hypocotyls already bent after about 8 hours. In those seedlings which were used for the Ef test (elongation restriction), hypocotyl diameter became large from 8 to 12 hours after starting restriction. Further, in the same seedlings, ethylene production increased from 4 to 8 hours after starting restriction. When the evolved ethylene was removed by ethylene-acetaldehyde removing agent, hypocotyl thickness was reduced although it was still larger than that of unrestricted seedlings. The results suggested that, if the hypocotyl elongation is inhibited by soil particles or crust, the seedling ethylene production increases and the hypocotyl becomes thick, so that results the strong Ef to emerge.