

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

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	井之上, 準 鄭, 紹輝
巻/号	58巻3号
掲載ページ	p. 357-363
発行年月	1989年9月

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

鄭 紹 輝・井 之 上 準

(九州大学熱帯農学研究センター)

平成元年1月27日受理

要 旨 : 25°C 暗黒条件下において, 非接着型ストレーン・ゲージ荷重変換器を用いて, 伸長程度の異なるダイズ (品種: アキシングク, フクユタカ) 芽ばえの抽出力を測定するとともに, 抽出力の測定中 (芽ばえの頂端部に荷重がかかった場合) に起こる下胚軸の肥大および芽ばえからのエチレン発生量を測定した。その結果, 芽ばえの伸長程度によってやや異なったが, 全体的にみれば抽出力は測定開始後 4~5 時間までは直線的に急増し, その後の増大はゆるやかで, 測定開始後 48~60 時間で最大に達した。なお, 最大抽出力は芽ばえの長さが短いほど大きかった。芽ばえの頂端部に荷重をかけられた個体では, 無処理の個体に比較して芽ばえが短くなったが, 同時に下胚軸が太くなった。このように頂端部に荷重をかけられ, 下胚軸が太くなりつつある芽ばえからのエチレン発生量は, 無処理の芽ばえに比較して 4~6 倍に増大した。ところが, エチレン・アセトアルデヒド除去剤を用いて, 発生したエチレンを除去すると, 下胚軸の肥大程度がやや減小した。これらの結果から, ダイズの芽ばえは, その出芽過程において土塊やクラストに遭遇するとエチレンを発生し, そのエチレンの作用で下胚軸が肥大し, 抽出力が増大して出芽するものと推察された。

キーワード : エチレン, 下胚軸, 出芽, ダイズ, 抽出力。

Changes in Elongation Force, Stem Thickness and Evolution of Ethylene accompanied with Growth of Soybean Seedlings : Shao-Hui ZHENG and Jun INOUE (*Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812, Japan*)

Abstract : Using an unbonded strain gauge transducer (1kg) and a null balancing recorder, the vertical elongation force (Ef) or lifting force of 1-, 3- and 5-cm tall soybean seedlings (cv: Akisengoku and Fukuyutaka) grown in darkness at about 25°C were measured. On the same seedlings, diameter at the largest portion of the hypocotyl was measured using a slide caliper. In measuring endogenous ethylene evolution, seedlings were grown in glass cylinders of 2.7cm in diameter and 25cm high under darkness at 25°C. To remove the ethylene evolved from the seedling, 2g of ethylene-acetaldehyde removing agent was put into each glass cylinder. In all the tests, seedlings were grown using sandy loam soil which had been sieved through a 2.38mm screen and which had about 13% moisture by volume. All the above handlings were performed quickly under dim green light.

The Ef exerted by a seedling increased with time after setting the tip of seedling against the force receptor and reached a maximum after 48 to 60 hours. The pattern of Ef development differed a little among the different ages of seedlings. The maximum Ef was largest in 1-cm tall seedling and smallest in 5-cm tall seedling. Hypocotyl elongation was inhibited and hypocotyl diameter became large in those seedlings which were used for the Ef test. Further, in a seedling whose hypocotyl elongation was inhibited, ethylene production was 3-7 times of a seedling not inhibited. When the evolved ethylene was removed using ethylene-acetaldehyde removing agent, hypocotyl thickness was reduced although it was still larger than that of control. It is suggested that, if the hypocotyl elongation is inhibited during emergence by soil particles and crust, the seedlings produce ethylene, and their hypocotyls become thick and their Ef become large.

Key words : Elongation force, Emergence, Ethylene, Hypocotyl, Soybean seedlings.

作物の直播栽培においては, 望ましい密度の出芽・苗立ちを確保することが増収を得るための第一歩である。この出芽・苗立ちは, 気温や土壌水分, 播種深度など, 環境条件によって影響されることは言うまでもないが, 作物の側に起因する因子としては, 種子の活力, 土中における芽ばえの伸長速度や抽出力, 形態などが考えられ, 出芽・苗立ちはこれらの複合した結果として現れると考えられる。

ところで, 一般に, イネ科作物の芽ばえは覆土を貫通するように出芽するのに対し, マメ科作物の芽

ばえは覆土を押し上げるように出芽する。従って, マメ科作物の出芽には, イネ科作物以上に芽ばえの抽出力の強弱が大きく関係していると考えられ, その程度はダイズやインゲンなどの下胚軸伸長型作物では, アズキやエンドウなどの上胚軸伸長型作物より大きいと考えられる³⁾。

前報³⁾において, 下胚軸伸長型作物であるダイズでは, 粒重が大きい品種ほど芽ばえの下胚軸が太く, 下胚軸が太い品種ほど抽出力が強い傾向のあることが示されたが, エンドウでは, 芽ばえに負荷を

かけるとエチレンを発生し、上胚軸の伸長は抑制されるが、節や節間部が肥大し、荷重に反撥する力が增大することが報告されている¹⁾。また、Knittle and Burris⁵⁾によれば、ダイズの芽ばえにおいても、その頂端部に荷重をかけると下胚軸は伸長が抑制され、肥大が起こるとされている。

本報では、ダイズの芽ばえにおいても、その出芽の過程において頂端部に荷重がかかるとエチレンの発生量が増え、下胚軸が肥大し、その結果として抽出力が増大し、荷重をはねのけて出芽しようとするのではないかと考え、2, 3の実験を行ったので、その結果について述べる。

材料と方法

供試したダイズ品種は、九州における代表的な秋ダイズの‘フクユタカ’と‘アキセンゴク’であった。実験には本学附属農場で栽培し、収穫後6~10ヵ月を経過した種子(水分含量:約9%)を用い、各品種の百粒重を測定して算出した平均1粒重を基準に、 ± 10 mgの範囲内にある粒を秤量・選別して供試した。なお、平均100粒重はフクユタカが約28 g、アキセンゴクは約17 gであった。

芽ばえの抽出力および下胚軸の太さの測定方法、ならびにそれらの実験に供するための芽ばえの育て方は、前報^{3,4)}とほぼ同様であったので、ここにはその概略について述べる。

芽ばえの抽出力: 非接着型ストレーン・ゲージ荷重変換器(UT型:1 kg)を用い、芽ばえが1, 3および5 cmに伸長した時に、覆土を一部除去し、芽ばえの頂端部をストレーン・ゲージの荷重感受部に装着した「荷重受け」にセットし、25 (± 1) °C 暗黒条件下で測定した。従来の測定結果から、25°C下におけるダイズ芽ばえの抽出力は測定開始後経時的に漸増し、およそ48時間後までに最大に達し、その後は次第に弱くなることから、特記する場合のほかは、抽出力の測定は48時間までとした。

芽ばえの育て方: 内径4.3 cm、高さ10 cmのプラスチック製ポットを用い、前報^{3,4)}と同じ有機物含量の極めて少ない砂質土壌(含水比:約13%)を詰め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(種子根長:約5 mm)を、芽ばえが上方へまっすぐ伸長するように、1ポット当り1粒置床した。覆土の厚さは実験の目的に応じて、1, 3または5 cmとし、無鎮圧であった。その後、これらのポットは土壌水分の変動をできるだけ防ぐ目的

で密封できるプラスチック製の箱(21×13×13 cm)に入れ、25 (± 1) °C 暗黒条件の恒温器に搬入した。

下胚軸の伸長および肥大: 芽ばえが長さ1, 3および5 cmに達した時に覆土を完全に除去し、それぞれの芽ばえの中央部に墨で印をつけて再び覆土し、一部の芽ばえは抽出力の測定に、一部はそのまま暗黒下で育成を続けた。芽ばえの長さおよび下胚軸の太さについては、墨で印をつけた部位と最も太い部位の長径および短径を、実験開始24時間および48時間後に測定した。下胚軸の長径および短径の測定にはノギスを用いた。なお、実験期間中における土壌水分の変動を防ぐ目的で、芽ばえの抽出力の測定に際してはポットおよび芽ばえを荷重変換器とともにビニール袋で密包し、一方、対照区のポットおよび芽ばえは内径5.8 cm、高さ25 cmのガラス管瓶に入れて密栓した。胚軸の太さは、胚軸の形を楕円とみなし、その断面積を算出して表した。

芽ばえから発生するエチレンガスの定量: 芽ばえの育成には内径2.7 cm、高さ25 cmのガラス管瓶を用い、ゴム栓の蓋には芽ばえに荷重をかけるための上下に移動操作のできる「ストッパー」と、ガスを採取するためのセプタムキャップ付きのガラス管を細工した(第1図)。播種床には、土壌からのエチレン発生量をできるだけ少なくする目的で、100~105°Cで20時間以上乾燥させた後、含水比約13%になるように蒸留水を加え、ポリエチレン製の袋に入れて3~5日経過⁶⁾した砂質土壌を用いた。そして、上述の方法であらかじめ発根させておいた種子1粒を、芽ばえが上方へまっすぐ伸長するように置床した後、播種床に用いたと同じ土壌を、1, 3および5 cmの厚さに覆土した。芽ばえが1, 3および5 cmに伸長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、第1図に示したように一部の芽ばえには「ストッパー」をセットし、一部は無処理とした。なお、播種床土壌からのエチレン発生量を測定するために、ダイズを播種しない区も設けた。

また、芽ばえから発生したエチレンを除去するためには、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⁷⁾(以後E・A除去剤と略記)2 gを芽ばえおよび土壌に直接に接触しないように播種床上に置いた。播種床とゴム栓の蓋の間の空間容積は約80 mlであった。

芽ばえの育成は25 (± 1) °C、暗黒条件下で行い、

処理開始後 24 時間目および 48 時間目にそ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) 分析に供した。カラムは Parapak. Q を充填したステンレスカラム (2 m×3 mm), キャリヤーガスは窒素, 流量は 40 ml/min, カラム温度は 110°C とした。なお, 本論文においては, 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, 芽ばえのエチレン発生量として示した。

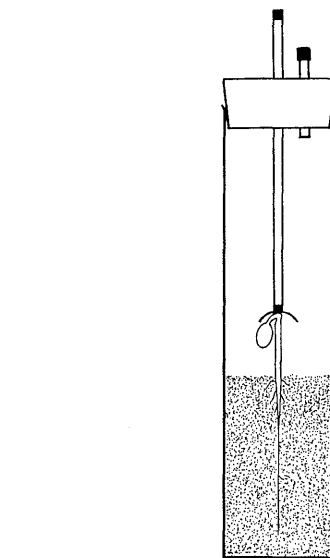
上記の各実験期間中における操作は, 芽ばえの伸長に及ぼす光の影響をできるだけ少なくする目的で, 緑色のセロハンフィルムで包んだ電球 (25 W) の照明⁹⁾ 下で行った。また, 各処理区の供試個体数は 6~10 本であった。

実験結果と考察

播種床の硬度と芽ばえの抽出力 (予備実験)

ストレーン・ゲージ荷重変換器を応用してダイズ芽ばえの上方へ伸長しようとする力 (抽出力) を測定する場合, 荷重変換器の「荷重感受部」の上下移動距離はごくわずかなので, 荷重感受部の「荷重受け」にセットされた芽ばえの頂端部は完全に抑えられているに等しい状態である。そのため, 抽出力と同じ強さの力が測定期間中ずっと逆方向 (根部) にかかることになる。したがって, 播種床が軟らかい場合は下胚軸の基部が土中に沈み込むことが予想され, 芽ばえの真の抽出力は測定できないと考えられる。

そこで, フクユタカを供試して硬度の異なる播種床で芽ばえを育て, 長さが 1 cm および 3 cm に達した時に抽出力の測定を開始するとともに, 抽出力の測定終了後における芽ばえの長さおよび太さを調



第 1 図 芽ばえの頂端部に荷重を加える管瓶。

査した。なお, 土壌硬度の測定には山中式硬度計の土壌挿入部の先端に 1 cm²×1 cm の金属製の円柱を装着して行い²⁾, その円柱の圧入に対する抵抗を示した。このような方法で測定を行うことにしたのは, 鎮圧程度が弱い場合でも, 土壌硬度を表示することができるようにしようとしたからである。

第 1 表によれば, 長さ 1 cm の芽ばえを用いた場合は, 最大抽出力は播種床の硬度 3.0 mm 区で最も強かった (158 g) が, 3.0~14.5 mm の範囲内ではほぼ同程度 (151~158 g) であった。これらの区に比較すると, 無鎮圧区 (硬度: 0 mm) は約 1/2, 0.2 mm 区は約 2/3, 1.2 mm 区は約 7/8 の強さであった。測定終了時における芽ばえの形態についてみると, 最大抽出力が強かった 3 区に比較して弱かった 3 区では芽ばえの長さは約 1 cm 長く, 下胚

第 1 表 硬度が異なる播種床で育てられた芽ばえの最大抽出力, および 48 時間後の芽ばえの長さとおよび下胚軸の太さ。
(品種: フクユタカ, 温度: 25°C, 土壌水分: 13%)

測定項目	測定開始時の芽ばえの長さ	播種床の土壌硬度* (mm)						
		0.0	0.0	0.3	1.6	2.9	9.5	
		0.0	0.2	1.2	3.0	5.4	14.5	
最大抽出力 (g)	1 cm	72	104	139	158	151	156	
	3 cm	100	106	110	105	116	119	
芽ばえの長さ (cm)	1 cm	4.5	4.5	3.2	3.3	3.3	3.0	
	3 cm	6.9	7.0	7.1	6.4	6.2	6.0	
下胚軸の最大横断面積 (mm ²)	1 cm	5.99	6.63	7.17	7.87	7.45	7.61	
	3 cm	7.17	8.14	8.18	9.13	8.90	9.05	

*: 上段は山中式硬度計, 下段は山中式硬度計の土壌挿入部に 1 cm²×1 cm の金属製円柱を装着して測定した値²⁾。

軸の太さは1~1.5 mm² 小さかった。また、長さ3 cmの芽ばえを用いた場合にも、1 cmの芽ばえの場合と同じ傾向が認められたが、最大抽出力、芽ばえの長さ、下胚軸の太さともに、播種床の硬軟による差は1 cmの芽ばえの場合より小さかった。

このように、硬度が軟らかい播種床において育てられた芽ばえの最大抽出力が弱かったのは、抽出力がある強さを超えると下胚軸の基部が土中に沈みはじめ、上方へ伸長する力の一部が下方へ逃げたからであろうと考えられる。形態的には、播種床が軟らかかったために下胚軸の基部が土中に沈んだ区では、播種床が硬くて下胚軸の基部が土中に沈まなかった区に比較して、最終の芽ばえの長さは長くなったが、下胚軸の基部が土中に沈んで芽ばえにかかる荷重が弱くなったために、下胚軸の肥大程度はやや減少していた。なお、播種床の硬軟によるこのような芽ばえへの影響は、長さ1 cmの芽ばえより3 cmの芽ばえでは弱かったが、この原因は前者に比較して後者では主根の伸長・発育が進んだために、下胚軸が土中に沈みにくくなったことによるのでであろうと考えられる。

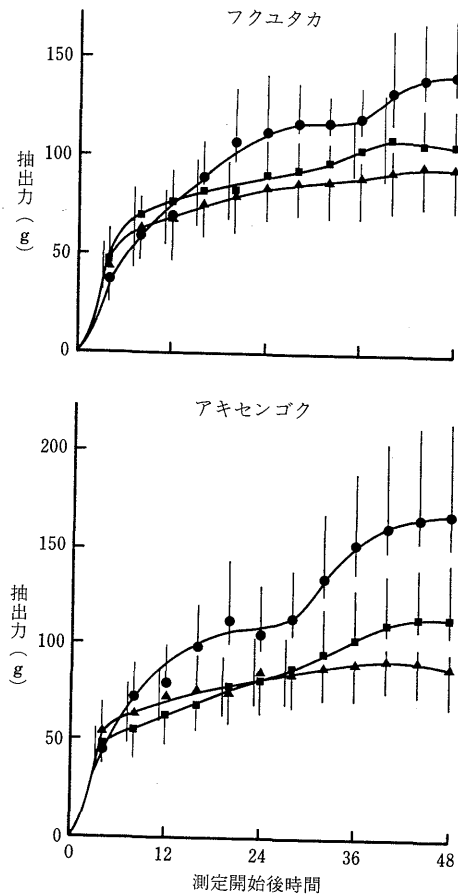
以上の結果から、本論文の以後の実験においては播種床の硬度は3~10 mmとした。

伸長程度の異なる芽ばえにおける抽出力の経時変化および下胚軸の伸長・肥大

粒大が異なるフクユタカとアキセンゴクを供試し、各品種とも芽ばえが、1, 3および5 cmに達した時に、抽出力の測定を開始した。

第2図にみられるように、測定開始後4時間目頃までは芽ばえの抽出力の経時変化は両品種においてほぼ同様で、各生育段階の芽ばえ共にほぼ同様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あったが、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かった。その結果、3 cmおよび5 cmの芽ばえでは両品種とも測定開始後12時間目頃には最大抽出力の約70%になり、前報⁹⁾と同じく測定開始30~48時間後にほぼ最大に達した。これに対して、長さ1 cmの芽ばえではアキセンゴクとフクユタカでやや異なったが、測定開始後20時間目頃から数時間の停滞の後、また増大し始め、48時間後においてもまだやや増大中で、抽出力が最大に達したのは測定開始52~60時間後であった。

なお、最大抽出力は両品種とも長さ1 cmの芽ばえが最も強く(フクユタカ:142 g, アキセンゴ



第2図 ダイズ芽ばえの抽出力の経時変化
測定開始時の芽ばえの長さ。
●: 1 cm, ■: 3 cm, ▲: 5 cm.

ク:169 g), 次いで3 cmの芽ばえ(111 g, 117 g), 5 cmの芽ばえ(97 g, 94 g)の順であったが、3 cmと5 cmの芽ばえの差は大きくなかった。また品種間の比較については、長さ3 cmおよび5 cmの芽ばえでは両品種間にほとんど差はみられず、1 cmの芽ばえでは粒重の小さいアキセンゴクが粒重の大きいフクユタカよりやや強いようであった。

そこで、このような抽出力の変化と芽ばえの形態変化との関係についてみるために、抽出力の測定開始24時間後および48時間後に一部の芽ばえを掘り取り、芽ばえの長さおよび下胚軸の長径と短径を測定した。

第2表より、まず無処理区の芽ばえの伸長についてみれば、実験開始後24時間目における伸長量はフクユタカがアキセンゴクよりやや大きく、逆に48時間目ではアキセンゴクがやや大きかった。一

方、抽出力の測定に供した区の芽ばえの伸長量は、測定開始後24時間目では両品種ほぼ同じであったが、48時間目ではアキセンゴクがやや大きかった。抽出力の測定に供した区の芽ばえの伸長量を無処理区に比較すると、両品種とも各伸長段階の芽ばえにおいて短くなり、その程度は測定開始24時間後より48時間後で大きく、また測定開始時において芽ばえが短い区ほど大きかった。

このように、両品種とも抽出力の測定に供した区では、測定開始時における芽ばえの長短にかかわらずその後の伸長が抑制されたが、それでも測定開始時の長さには比較すると、24時間後には1.3~2.8倍に、48時間後には1.6~4.0倍に伸長していた。なお、ストレーン・ゲージ荷重変換器の「荷重感受部」の上下移動は1mmにも満たない距離なので、抽出力の測定に供した区の芽ばえでは、その頂端部にかかる荷重に耐えかねて下胚軸が屈曲していたわけである。

つぎに、第3表により下胚軸の太さについてみると、無処理区では実験開始後24時間目および48時間目ともに、芽ばえの伸長程度のいかにかわらず、粒重の大きいフクユタカが小さいアキセンゴク

より大きかった。一方、抽出力の測定に供した区の芽ばえでは無処理区に比較して下胚軸が肥大しており、その程度はアキセンゴクがフクユタカより、測定開始時において芽ばえが短い個体が長い個体より大きかったが、全体としてみれば、測定開始後24時間目では処理区は無処理区の1.4~1.7倍、48時間目では1.6~2.2倍であった。なお、最大肥大部位は抽出力の測定開始時に、子葉と胚軸の接合部より約1cm離れた部位であった。

以上の結果を総合すれば、ダイズの芽ばえの抽出力の経時変化において、測定開始後の4~5時間までに抽出力が「直線的に急増」したのは、芽ばえの頂端部にかかる荷重に耐えかねて下胚軸の屈曲が始まるまでの、芽ばえ本来の伸長力によるものであろう。さらに、その後における抽出力の「漸増、および停滞後の増大」は、芽ばえの頂端部にかかる荷重の増加に耐えかねて始まる下胚軸の屈曲、荷重がかかったために起こるであろうエチレンの発生量の増大による下胚軸の肥大、および下胚軸が肥大したことによる抽出力の増大とが、同時または相前後して起こることによるのであろうと考えられる。

第2表 抽出力の測定（荷重処理）に供した芽ばえの伸長。（温度：25°C，土壤水分：13%）

品 種	荷重処理	測定開始 24 時間後			測定開始 48 時間後		
		1 cm	3 cm	5 cm	1 cm	3 cm	5 cm
フクユタカ	処 理 (cm)	2.5±0.6	4.8±0.6	6.4±0.2	3.2±0.4	6.2±0.5	7.9±0.5
	無 処 理 (cm)	4.5±0.4	6.4±0.5	8.4±1.0	5.9±1.8	9.7±1.3	11.6±0.5
	処理/無処理	0.56	0.75	0.76	0.54	0.64	0.68
アキセンゴク	処 理 (cm)	2.8±0.3	5.3±0.2	6.5±0.1	4.0±0.3	7.0±0.4	8.1±0.2
	無 処 理 (cm)	4.1±0.3	6.8±0.4	7.8±1.0	8.7±0.8	12.0±1.5	12.7±0.5
	処理/無処理	0.68	0.78	0.83	0.46	0.58	0.64

1 cm, 3 cm, 5 cm：測定開始時における芽ばえの長さ。

第3表 抽出力の測定（荷重処理）に供した芽ばえにおける下胚軸の肥大*。（温度：25°C，土壤水分：13%）

品 種	荷重処理	測定開始 24 時間後			測定開始 48 時間後		
		1 cm	3 cm	5 cm	1 cm	3 cm	5 cm
フクユタカ	処 理 (mm ²)	6.48±0.56	7.55±0.54	7.55±0.38	8.94±0.64	8.90±0.63	9.00±1.04
	無 処 理 (mm ²)	4.51±0.20	4.91±0.35	5.49±0.21	4.84±0.11	5.06±0.21	5.72±0.20
	処理/無処理	1.44	1.54	1.38	1.85	1.76	1.57
アキセンゴク	処 理 (mm ²)	7.64±0.23	8.01±0.67	7.99±0.67	10.43±0.82	8.88±0.55	9.18±0.82
	無 処 理 (mm ²)	4.49±0.36	4.88±0.15	4.91±0.33	4.65±0.22	4.51±0.33	5.00±0.15
	処理/無処理	1.70	1.64	1.63	2.24	1.97	1.84

*：下胚軸における最も肥大した部位の横断面積 (mm²)。

1 cm, 3 cm, 5 cm：測定開始時における芽ばえの長さ。

第4表 頂端部に荷重を加えられた芽ばえにおけるエチレンの発生量*。(温度: 25°C, 土壌水分: 13%)

品 種	荷重処理	測定開始 24 時間後			測定開始 48 時間後		
		1 cm	3 cm	5 cm	1 cm	3 cm	5 cm
フクユタカ	処 理 (nl)	28.9±5.6	33.8±5.4	50.9±14.3	112.1±13.1	96.3±12.5	113.3±2.8
	無 処 理 (nl)	4.1±0.5	6.6±2.1	7.5±1.3	18.0±4.2	17.8±0.3	28.8±6.8
	処理/無処理	7.0	5.1	6.8	6.2	5.4	3.9
アキセンゴク	処 理 (nl)	28.2±3.7	62.9±15.0	61.2±11.6	110.2±26.1	147.6±23.3	124.2±24.9
	無 処 理 (nl)	9.2±0.6	11.5±4.4	10.2±1.9	21.3±4.9	25.4±5.6	27.1±3.3
	処理/無処理	3.1	5.5	6.0	5.2	5.8	4.6

* : 芽ばえ 1 個当りのエチレン発生量 (nl).

1 cm, 3 cm, 5 cm : 処理開始時における芽ばえの長さ.

頂端部に荷重をかけられた芽ばえにおけるエチレン発生量の増加

Goeschl ら⁹⁾によれば, エンドウの芽ばえにおけるエチレンの発生量は非常に微量 (trace) であるが, 芽ばえに物理的なストレスを加えると発生量が著しく増加し, 上胚軸が太くなると報告されている。またダイズ品種には, 20°C や 30°C に比べて 25°C 下では下胚軸の伸長が抑制されると同時に, 下胚軸の肥大促進と根重の増加が起こる品種のあることが知られており, このような奇形的形態が生ずるのは, 下胚軸の組織内においてエチレン濃度が異常に高くなるためであるとされている^{8,9,10)}。

そこで, ダイズ芽ばえの抽出力測定中に起こる下胚軸の肥大も, 芽ばえの頂端部に荷重が加えられたためにエチレンの発生量が増加した結果ではないかと考え, 第1図に示したような装置を用いて実験した。エチレンの測定は, 頂端部に荷重を 24 時間および 48 時間加えた芽ばえ (処理区) および無処理の芽ばえについて行い, 併せて下胚軸の最も太い部位の長径と短径を測定した。

第4表によれば, アキセンゴク, フクユタカの両品種とも無処理区の芽ばえにおいてもエチレンの発生が認められ, その量は 24 時間, 48 時間区ともに芽ばえが長いほど多く, 品種間ではアキセンゴクがフクユタカより多かった。ところが, 処理区 (頂端部に荷重がかけられた区) の芽ばえでは, 両品種とも処理開始時における伸長程度のいかにかわからず, エチレンの発生量が著しく増大した。まず, 芽ばえ 1 個体当りのエチレン発生量は, 長さ 1 cm の芽ばえでは品種間に差異はみられなかったが, 3 cm および 5 cm の芽ばえでは無処理区におけると同じくアキセンゴクがフクユタカより多く, その程度は 3 cm の芽ばえで顕著であった。つぎに, 無処

第5表 荷重処理によって発生したエチレンを EA 剤で除去した場合における芽ばえ下胚軸の肥大*。(品種: アキセンゴク, 温度: 25°C, 土壌水分: 13%)

処 理	荷 重 処 理	
	24時間	48時間
荷 重 処 理	8.15±0.59	9.92±0.66
荷重処理 + EA 剤**	7.03±0.83	8.57±0.64
無 処 理	5.61±0.19	5.44±0.50

* : 最も肥大した部位の横断面積 (mm²).

** : エチレン・アセトアルデヒド除去剤.

理区に比較した処理区におけるエチレン発生量の増加程度は, 処理開始時の芽ばえの長さによってやや異なったが, アキセンゴクの 1 cm の芽ばえを 24 時間処理した区を除けば, 両品種においてほぼ同程度で, 24 時間処理区は無処理区の 5~7 倍, 48 時間処理区は 4~6 倍であった。

Samimy and LaMotte⁹⁾によれば, 置床後 4 日目の普通のダイズ品種 'Mandarin' の芽ばえでは, 20°C, 25°C, 30°C と培養温度が高くなるにつれてエチレンの発生量は増大するのに対し, 25°C で奇形的な形態を示す品種 'Clark' における芽ばえ 1 個体当りのエチレンの発生量は, 30°C の約 2 倍であったと報告されている。なお, 同氏らが供試した Mandarin の 25°C における置床後 4~6 日間のエチレン発生量は, 1 個体, 1 時間当り約 1.5 nl となっており, 本実験におけるアキセンゴクの 3 cm の芽ばえ (1 個体, 1 時間当り約 0.5 nl) に比較すると約 3 倍であるが, これは同氏らの実験が沔紙上で育てた芽ばえを用いているのに対し, 著者らは土壌で育てた芽ばえを用いているなど, 実験条件の違いによるのではないかと考えられる。

なお, ガラス管瓶内に強力なエチレン吸収力を持

つ E・A 除去剤⁷⁾ を入れ、芽ばえおよび播種床の土壌より発生するエチレンを除去した結果によれば (第 5 表), 荷重処理開始後 24 時間目および 48 時間目ともに, エチレンを除去した区の下胚軸の肥大はエチレンを除去しなかった区より小さかったが (処理区比: 24 時間, 48 時間後ともに約 86%), 無処理区 (荷重を加えなかった区) よりは大きかった。

ところで, Samimy⁹⁾ によれば, 長さ 5 cm に達した 'Clark' の芽ばえでは, 根部を除けば, 子葉に隣接する長さ 1 cm の胚軸部が最もエチレンを多量に発生することが明らかにされている。また, 長さ 3 cm の芽ばえに荷重処理を行った本実験の場合, 最も胚軸の肥大程度が大きかったのは, 処理開始時に子葉と胚軸の接合部より約 1 cm 離れた部位であった。これらのことから, E・A 除去剤を入れて芽ばえから発生するエチレンを直ちに完全に除去した区においても胚軸の肥大が起こった (無処理区比: 24 時間後約 125%, 48 時間後約 158%) 原因は, 芽ばえの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はないかと考えられる。

以上, 本実験の結果および Goeschl ら¹⁾ や Samimy and LaMotte⁹⁾ の結果を総合して推察すれば, ダイズ芽ばえにおいて下胚軸が屈曲を始めてからも芽ばえの抽出力が増大したのは, 芽ばえの頂端部にある強さ以上の荷重が加わったためにエチレンの発生量が増大し, その結果, 下胚軸が肥大したことによるのであろうと思われる。したがって, ダイズの芽ばえは, その出芽過程において簡単に押し除けたり貫通したりできないような土塊やクラストに遭遇すると, それらの荷重のためにエチレンを発生し, 下胚軸を肥大させて抽出力を増大し, 出芽するものと思われる。

謝辞: 本研究の遂行に当り, エチレンの分析について, 懇切な御指導を頂き, さらにエチレン・アセ

トアルデヒド除去剤 (E・A 除去剤) を分譲して頂いた本学食糧化学工学科の篠島豊教授, ならびに有益な御助言を頂いた農学科の松本重男教授, 島野至教授に謝意を表する。

引用文献

1. 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.
2. 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.
3. ———・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.
4. Inouye, J., S. Tanakamaru, and K. Hibi 1979. Elongation force of seedlings of leguminous crops. *Crop Sci.* 19: 599-602.
5. Knittle, K.H. and J.S. Burris 1979. Effect of downward force on soybean hypocotyl growth. *Crop Sci.* 19: 47-51.
6. 中山正義・太田保夫 1985. 作物とくに根の生長におよぼす土壌中のエチレンの役割。農技研報 D36: 333-376.
7. 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.
8. Samimy, C. 1978. Effect of light on ethylene production and hypocotyl growth of soybean seedlings. *Plant Physiol.* 61: 772-774.
9. ——— and C.E. LaMotte 1976. Anomalous temperature dependence of seedlings development in some soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars. *Plant Physiol.* 58: 786-789.
10. Seyedin, N., J.S. Burris, C.E. LaMotte and I.C. Anderson 1982. Temperature-dependent inhibition of hypocotyl elongation in some soybean cultivars: I. Localization of ethylene evolution and role of cotyledons. *Plant Cell Physiol.* 23: 427-431.