

ダイズの節間伸長に関する研究

第4報 節間伸長に及ぼすジベレリン生合成阻害剤の影響*

梅崎 輝 尚・島 野 至・松 本 重 男

(九州大学農学部)

平成2年3月28日受理

要 旨: ダイズにおける草型の化学的制御に関する基礎的知見を得るため、九州地方の秋ダイズ品種フクユタカを供試し、5種類のジベレリン生合成阻害剤 (AMO 1618, Ancymidol, Uniconazole, Paclobutrazol, CCC) 葉面散布処理がダイズの節間伸長に及ぼす影響について検討した。まず、AMO 1618を用いて処理時期について実験した結果、主茎長は花芽分化期処理と開花期処理で短くなったが、その程度は花芽分化期処理で大きかった。次いで、5種類のジベレリン生合成阻害剤を花芽分化期に処理した結果、節間の伸長抑制効果は Paclobutrazol と Uniconazole で最も大きく、ついで AMO 1618, Ancymidol の順で、CCC の影響は明らかではなかった。節間の伸長抑制が認められた4種類のうち、Paclobutrazol と Uniconazole および AMO 1618 は散布処理後に伸長最盛期を迎える節間で効果が認められたが、Ancymidol の伸長抑制効果の発現は数節間上位より認められた。一方、節間径は伸長が抑制された節間より3ないし4下位の節間から上位で細くなった。以上、ジベレリン生合成阻害剤の葉面散布に対するダイズの反応は、茎の伸長・肥大抑制に伴う栄養生長量の減少や莢の伸長抑制として現れたが、ジベレリン生合成阻害剤は種類によっては伸長制御効果が大きく、任意の節間を適確に制御することが可能なことから、さらに速効性で残効性の小さなジベレリン生合成阻害剤の開発により、ダイズへの実用化が期待される。

キーワード: 化学的制御, ジベレリン生合成阻害剤, 植物生長調節物質, 伸長制御, 節間伸長, ダイズ, 矮化剤。

Studies on Internode Elongation in Soybean Plants IV. Effects of gibberellin biosynthesis inhibitors on internode elongation: Teruhisa UMEZAKI, Itaru SHIMANO and Shigeo MATSUMOTO (*Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812, Japan*)

Abstract: In order to obtain the fundamental information on chemical control of plant structure in soybean (*Glycine max* Merr. cv. Fukuyutaka), the effects of growth regulators on the internode elongation were examined. The chemicals used were the gibberellin biosynthesis inhibitors of AMO1618, Ancymidol, Uniconazole, Paclobutrazol and CCC. They were sprayed with different concentration solutions on the pot-grown plants at the different growth stages. When AMO1618 was sprayed at different growth stages, plant height was reduced by the application at the floral differentiation and the beginning of flowering stages, and the former was found to be more effective (Table 1, Fig. 1). Gibberellin biosynthesis inhibitor applications at floral differentiation stage inhibited the internode elongation, and Paclobutrazol and Uniconazole were most effective followed by AMO1618 and Ancymidol. However, the CCC hardly effected the vegetative growth (Table 2). When the Paclobutrazol, Uniconazole and AMO1618 were applied, the inhibition of elongation was observed on the internodes that reached at mid-phase of elongation after treatment, whereas the inhibition was found to occur on the upper internodes when Ancymidol was used (Fig. 2). On the other hand, the diameter of internodes was also reduced by the gibberellin biosynthesis inhibitor applications. These effects were observed on the internodes, which were lowered by 3 or 4 internodes from that reduced in length (Fig. 2). Though these growth regulators showed some disadvantages in plant growth, such as reduction of vegetative growth and pod elongation, it may become a useful tool to control internode elongation by the development of more useful chemicals applicable to soybean culture.

Key words: Chemical control, Control of elongation, Gibberellin biosynthesis inhibitor, Growth regulator, Growth retardant, Internode elongation, Soybean.

ジベレリンは伸長生長に最も大きな影響力をもつ植物ホルモンであるが、その生合成阻害剤が生長調節物質として注目されており、矮小化を目的とした施設園芸における利用だけでなく、水稻の草丈を制

御することによって耐倒伏性を強化するなど、普通作物の栽培においても実用化の段階に入っている。

本研究では、数種のジベレリン生合成阻害剤を用い、ダイズの節間伸長に及ぼす影響を明らかにし、伸長制御の可能性について検討した。

* 大要は、第183回講演会 (昭和62年4月) において発表。

Table 1. Effects of AMO 1618 (100 ppm) on the growth of soybean.

Growth stage of treatment	Days from sowing to flowering	Days from sowing to maturity	No. of nodes on main stem	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem weight* (g/pl.)	Seed weight* (g/pl.)
Floral differentiation	48.4 ^b	126.0 ^b	17.0 ^a	34.7 ^a	8.8 ^b	12.0 ^a	62.9 ^a
The beginning of flowering	47.2 ^a	126.0 ^b	17.6 ^b	38.7 ^b	8.4 ^a	10.7 ^a	65.4 ^a
The end of vegetative growth	46.6 ^a	126.0 ^b	17.0 ^a	40.6 ^c	8.9 ^c	15.0 ^b	69.9 ^b
Control (Non-treated)	47.0 ^a	123.0 ^a	17.8 ^b	42.3 ^c	9.2 ^d	15.8 ^b	71.7 ^b

In each column, means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

* Air-dry weight.

材料と方法

秋ダイズ品種フクユタカを供試し、九州大学農学部構内の圃場において1984年と1985年にAMO 1618を用いた予備試験を行った結果、処理時期によって効果に違いが認められた。そこで、1986年には処理時期について、1986年と1987年には5種類のジベレリン生合成阻害剤の効果を比較するための実験を行った。

実験 1. 処理時期について (1986 年)

7月2日に水田土を充填した1/2000アールワグネルポットに、1ポット当たり6粒播種し、播種7日後に2本立てとし、14日後に1本立てとした。1ポット当たり化成肥料(N-P₂O₅-K₂O:3-10-10)8g、消石灰5gを全量基肥として与えた。ジベレリン生合成阻害剤としてAMO 1618(Calbiochem-behring Co.)を用い、100ppmの水溶液を噴霧器で植物体に散布した。散布処理は花芽分化期(7月25日)、開花期(8月18日)および地上部最大期(9月17日)の3時期とし、1個体当たり200mlの水溶液を午後5時から散布した。なお、展着剤としてTween 20を容量で1%添加した。各区5個体とし、収穫後に主茎節間長をはじめ諸形質について調査を行った。調査に際しては、子葉を第1葉、初生葉を第2葉、第1本葉を第3葉とし、子葉節を第1節、初生葉節を第2節、子葉節と初生葉節の間の節間を第1節間とし、順次求頂的に葉位、節位、節間位を定めた。

実験 2. 異なる種類のジベレリン生合成阻害剤の効果について (1986, 1987年)

7月2日(1986年)または7月4日(1987年)に水田土を充填した1/2000アールワグネルポットに、1ポット当たり6粒播種し、実験1と同様の栽培管理を行った。処理には5種類のジベレリン生合

成阻害剤: Paclobutrazol (PP 333: アイ・シー・アイ・ジャパン), Uniconazole (S-3307: 住友化学工業), AMO 1618 (Calbiochem-behring Co.), Ancymidol (A-Rest: 武田薬品工業), CCC (Chlormequat chloride: 東京化成工業)を用い、0(蒸留水), 50および100ppmの水溶液を花芽分化期(1986年は7月25日, 1987年は7月26日)に、1個体当たり200ml散布した*。なお、展着剤としてTween 20を容量で1%添加した。各区5個体とし、収穫後に主茎節間長をはじめ諸形質について調査を行った。

結 果

1. AMO1618 による処理時期の効果

ダイズの生育に及ぼすAMO 1618の処理時期の影響を第1表に示した。開花まで日数は対照区に比べ、花芽分化期処理で、1.4日長くなったが、他の処理区ではほとんど変わらなかった。しかし、生育日数は3処理区とも対照区より3日長くなった。主茎節数は花芽分化期処理と地上部最大期処理でわずかながら減少する傾向が認められた。主茎長は花芽分化期処理と開花期処理で短くなり、その程度は花芽分化期処理で大きかった。茎径は花芽分化期処理と開花期処理ではやや細くなり、肥大抑制効果が認められた。また、茎重および粒重も茎径と同様の傾向を示し、花芽分化期処理と開花期処理で小さくなった。

AMO 1618処理の主茎節間長に及ぼす影響についてみると(第1図-A)、花芽分化期処理では第6節間、開花期処理では第13節間より上位の、いずれも処理後に伸長最盛期を迎えた節間で、それぞれ

* Ancymidol は市販のもの(商品名: スリトーン, 250ppm), その他のジベレリン生合成阻害剤は原体を蒸留水に溶解して用いた。

伸長抑制効果がみられた。一方、節間径 (第1図-B) は花芽分化期処理と開花期処理で肥大抑制効果がみられ、その影響は伸長抑制効果がみられた節間より3ないし4下位から認められた。

2. 異なる種類のジベレリン生合成阻害剤の効果

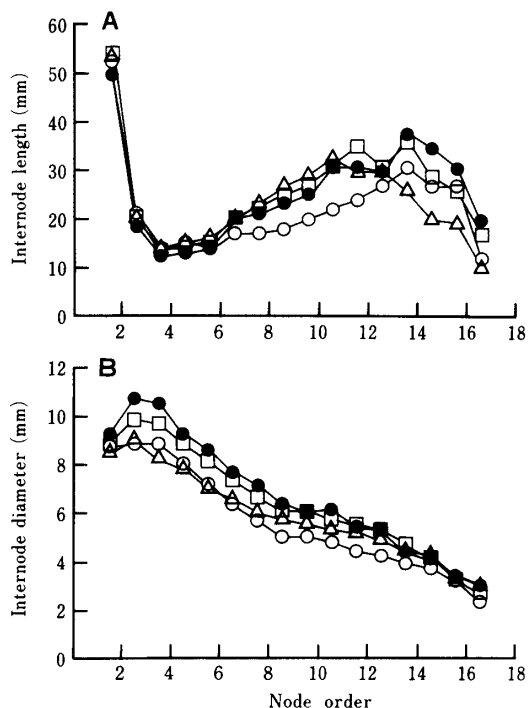


Fig. 1. Effects of gibberellin biosynthesis inhibitor (AMO1618: 100 ppm) applied at the three different growth stages on the length (A) and thickness (B) of internodes on the main stem.

○: Floral differentiation,
△: The beginning of flowering,
□: The end of vegetative growth,
●: Control (Non-treated).

5種類の異なったジベレリン生合成阻害剤処理の影響は、50 ppm より 100 ppm で大きかったが、その影響は両年ともほぼ同様の傾向を示したので、第2表および第2図には1987年の100 ppm 処理の結果を示した。第2表は各種ジベレリン生合成阻害剤の生育、形態、収量形質に及ぼす影響を示したものであるが、開花まで日数および生育日数は CCC 処理を除くと、いずれも、処理により長くなった。その程度は、Uniconazole と Paclobutrazol 処理で大きく (開花まで日数で8日、生育日数で13-15日)、AMO 1618 と Ancymidol 処理で小さかった (両者とも3-4日)。主茎節数は Uniconazole と Paclobutrazol 処理では約1節減少したが、他の処理では差はなかった。主茎長は CCC 処理を除く4種類のジベレリン生合成阻害剤処理で短くなったが、抑制の程度は開花期や成熟期に及ぼす影響とはほぼ同様の傾向がみられ、Uniconazole と Paclobutrazol 処理で大きく (対照区比: 約1/2)、ついで AMO 1618 処理、Ancymidol 処理の順であった。茎径は Uniconazole, Paclobutrazol および AMO 1618 処理で肥大抑制が認められたが、Ancymidol および CCC 処理の影響は明らかでなかった。茎重は茎径と同様の傾向を示し、Uniconazole および Paclobutrazol 処理区は対照区の約1/3と最も小さく、ついで、AMO 1618 処理が小さかった。粒重は CCC 処理区のほか栄養生長が著しく抑制された、Uniconazole, Paclobutrazol 処理で減少がみられたが、一莢粒数はいずれの処理区においても対照区と有意な差異はみられなかった。百粒重は処理によって1株当たりの粒重が減少した Pa-

Table 2. Effects of gibberellin biosynthesis inhibitors on the growth of soybean (1987).

Treatment	Days from sowing to flowering	Days from sowing to maturity	No. of nodes on main stem	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem weight* (g/pl.)	Seed weight* (g/pl.)	No. of seeds per pod	Seed size (g/100seeds)
AMO 1618	47.6 ^b	117.0 ^b	18.6 ^{bc}	43.8 ^b	8.4 ^b	12.3 ^b	50.1 ^c	1.9 ^b	26.4 ^a
Paclobutrazol	54.0 ^c	126.0 ^c	17.8 ^a	29.9 ^a	6.8 ^a	5.9 ^a	37.8 ^{ab}	1.6 ^a	28.0 ^{ab}
Ancymidol	47.4 ^b	116.0 ^b	18.8 ^c	51.2 ^c	10.0 ^c	15.1 ^c	43.7 ^{abc}	1.8 ^b	27.7 ^a
Uniconazole	54.2 ^c	128.0 ^c	18.0 ^{ab}	28.7 ^a	6.9 ^a	6.4 ^a	39.1 ^{ab}	1.6 ^a	31.1 ^c
C C C	45.4 ^a	114.0 ^a	18.4 ^{abc}	53.6 ^{cd}	9.9 ^c	16.6 ^c	35.7 ^a	1.6 ^a	30.1 ^{bc}
Control**	46.2 ^a	113.0 ^a	19.0 ^c	55.7 ^d	9.5 ^c	16.1 ^c	45.1 ^{bc}	1.7 ^{ab}	27.2 ^a

All gibberellin biosynthesis inhibitors were treated with 100 ppm concentration solution.

In each column, means followed by a common letter are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test.

*Air-dry weight.

**Control plants were treated with 1% (V/V) aqueous-Tween 20 solution without gibberellin biosynthesis inhibitors.

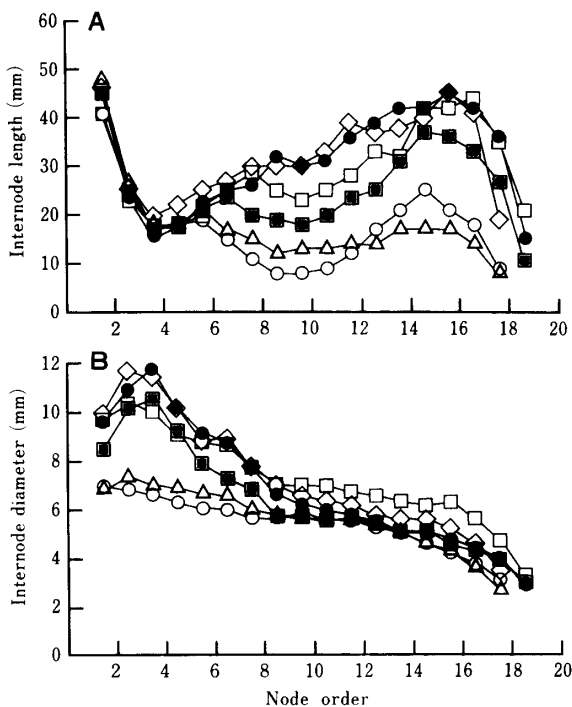


Fig. 2. Effects of five gibberellin biosynthesis inhibitors on the length (A) and thickness (B) of internodes on the main stem (100 ppm, 1987).

○: Uniconazole, △: Paclobutrazol,
□: Ancymidol, ◇: CCC,
■: AMO1618, ●: Control.

clobutrazol, Uniconazole, CCC 処理のうち後2者において大きかった。

第2図は主茎の節間長および節間径に及ぼすジベレリン生合成阻害剤の影響を示したものである。伸長抑制が最も大きかった Uniconazole, Paclobutrazol 処理, ついで抑制効果がみられた AMO 1618 処理では, 処理直後に伸長最盛期を迎えた第6節間より上位の節間で抑制がみられたのに対して, 伸長抑制効果の小さかった Ancymidol 処理では第8節間から第14節間までの間で抑制効果が認められた。CCC 処理では影響は認められなかった。節間径については, 最も伸長抑制の大きかった Uniconazole, Paclobutrazol 処理では第1節間から, AMO 1618 処理では第5節間から肥大抑制効果が認められ, その効果は第10節間前後まで認められた。CCC 処理では影響は認められず, Ancymidol 処理では伸長抑制がみられた中-上位節間でやや肥大を促進する傾向がみられた。

考 察

ダイズに及ぼすジベレリン生合成阻害剤の影響は

散布処理後に伸長最盛期を迎えた節間において観察された。しかし, その抑制効果はジベレリン生合成阻害剤の種類によって異なり Paclobutrazol と Uniconazole が最も効果が大きく, ついで AMO 1618, Ancymidol の順であった。CCC は栄養生長に対しては効果が認められなかった。これら5種類のジベレリン生合成阻害剤は生合成代謝経路の一部をブロックするとされているが, なかでも, *ent*-カウレン→*ent*-カウレノール, *ent*-カウレノール→*ent*-カウレナル, *ent*-カウレナル→*ent*-カウレン酸の3ヶ所をブロックするとされている Paclobutrazol⁵⁾ と Uniconazole⁷⁾ が最も伸長抑制効果が大きかった。ジベレリン生合成阻害剤による生合成の阻害が完全に起これば, 阻害される位置に関係なく伸長抑制効果は同様に現れると思われるが, 阻害が不完全な場合は阻害される位置の違いによって影響が異なると思われる。CCC は AMO 1618 と同じく GGPP→CPP の代謝を阻害するとされている⁶⁾ が, 本実験では伸長抑制効果は認められなかった。CCC は高濃度でないと効果がみられないという報告^{1,4,11)} があることから, 本実験の濃度 (50~100 ppm) はやや低かった可能性がある。また, 本実験においては通常行われる土壌処理^{2,16)} ではなく植物体地上部への散布であったことも関与しているのかもしれない。

ところで, イネ^{8,15)}, トウモロコシ^{9,13)}, エンドウ⁹⁾, トマト¹⁴⁾ およびペレニアルライグラス³⁾ などの遺伝的矮性系統の多くはジベレリンの生合成が阻害されており, これら矮性系統の生長はジベレリンの供与により回復することが報告されている。本実験におけるジベレリン生合成阻害剤処理によって普通品種のフクユタカが矮性型品種 (ヒュウガ矮性系統)¹⁷⁾ に類似した草型を示したことは, ダイズの遺伝的矮性系統においてもジベレリンレベルの変化が関与している可能性を示唆するものと思われる。

ダイズの節間伸長はジベレリン処理によって著しく促進され, ジベレリンの生合成阻害剤処理によって伸長が抑制されることから, 著者はダイズの内生ジベレリンの分析を試みたが, 遊離のジベレリンが抽出される酸性酢酸エチル分画¹²⁾ にジベレリン活性を検出することはできなかった。Murakami¹⁰⁾ もダイズについてはジベレリン活性を検出することに成功していないが, 同氏は, ダイズから得た酸性酢酸エチル分画にはジベレリンが存在しないのではなく生長阻害物質によってその活性がマスクされて

いるものと考えており、ジベレリン生合成阻害剤処理によって伸長抑制が認められた本実験の結果もこの考えを支持するものと思われる。

本実験で供試したジベレリン生合成阻害剤は、茎径の減少を引き起こしたことから明らかなように、茎の2次肥大を抑制するなど栄養生長量を著しく減少させ、また莢の伸長を阻害して僅かながら一莢粒数の減少を引き起こし、収量は減少した。しかし、草型の改善を目的とした種々の伸長制御の方法を比較した場合、ジベレリン生合成阻害剤処理は伸長抑制対象部位に対する処理時期の決定が容易で正確なことから、処理作業が簡便で効果が明確なことから、速効性で、かつ、残効の小さな処理剤の開発により、実用化が期待されよう。

引用文献

1. Barnes, M. F., E. N. Light and A. Lang 1969. The action of plant growth retardants on terpenoid biosynthesis. Inhibition of gibberellic-acid production in *Fusarium moniliforme* by CCC and AMO-1618; action of these retardants on sterol biosynthesis. *Planta* 88: 172—182.
2. Cathey, H. M. and N. W. Stuart 1961. Comparative plant growth-retarding activity of Amo-1618, Phosfon, and CCC. *Bot. Gaz.* 123: 51—57.
3. Cooper, J. P. 1958. The effect of gibberellic acid on a genetic dwarf in *Lolium perenne*. *New Phytol.* 57: 235—238.
4. Cross, B. E. and P. L. Myers 1969. The effect of plant growth retardants on the biosynthesis of diterpenes by *Gibberella fujikuroli*. *Phytochem.* 8: 79—83.
5. Dalziel, J. and D. K. Lawrence 1984. Biochemical and biological effects of kaurene oxidase inhibitors, such as paclobutrazol. In *Biochemical Aspects of Synthetic and Naturally Occurring Plant Growth Regulators*, Monograph No. 11 (Eds.) Roger Menhenett and D. K. Lawrence, British Plant Growth Regulator Group, Wantage. 43—57.
6. Fall, R. R. and C. A. West 1971. Purification and properties of kaurene synthetase from *Fusarium moniliforme*. *J. Biol. Chem.* 246: 6913—6928.
7. Izumi, K., Y. Kamiya, A. Sakurai, H. Oshio and N. Takahashi 1985. Studies of sites action of a new plant growth retardant (E)-1-(4-Chlorophenyl)-4, 4-dimethyl-2-(1, 2, 4-triazol-1-yl)-1-penten-3-ol (S-3307) and comparative effects of its stereoisomers in a cell-free system from *Cucurbita maxima*. *Plant Cell Physiol.* 26: 821—827.
8. 上島脩志 1972. イネの矮性遺伝子の発現機構に関する考察. I. ジベレリン酸に対する反応と体内ジベレリン様物質の存在について. *神大農研報* 10: 177—182.
9. McCune, D. C. and A. W. Galston 1959. Inverse effects of gibberellin on peroxidase activity and growth in dwarf strains of peas and corn. *Plant Physiol.* 34: 416—418.
10. Murakami, Y. 1959. A paper chromatographic survey of gibberellins and auxins in immature seeds of legumious plants. *Bot. Mag. Tokyo* 72: 36—43.
11. Ninnemann, H., J. A. D. Zeevaart, H. Kende, and A. Lang 1964. The plant growth retardant CCC as inhibitor of gibberellin biosynthesis in *Fusarium moniliforme*. *Planta* 61: 229—235.
12. 大岳 望・鈴木昭憲・高橋信孝・室伏 旭・米原 弘 1976. IX 単離法の実験例. 物質の単離と精製. 東京大学出版会, 東京. 217—229.
13. Phinney B. O. 1961. Dwarfing genes in *Zea mays* and their relation to the gibberellins. In *Plant Growth Regulation*. (Ed.) R. E. Klein, Iowa State Univ. Press, Iowa. 489—501.
14. Plummer, T. H. and M. L. Tomes 1958. Effects of indoleacetic acid and gibberellic acid on normal and dwarf tomatoes. *Bot. Gaz.* 119: 197—200.
15. Suge, H. and Y. Murakami 1968. Occurrence of a rice mutant deficient in gibberellin-like substances. *Plant Cell Physiol.* 9: 411—414.
16. Tolbert, N. E. 1960. (2-chloroethyl) trimethylammonium chloride and related compounds as plant growth substances. II. Effect on growth of wheat. *Plant Physiol.* 35: 380—385.
17. 梅崎輝尚・松本重男・島野 至 1988. ダイズの矮性系統に関する研究. 第1報 ヒュウガ矮性系統の生育特性と遺伝様式について. *日作紀* 57: 512—521.