

ダイズの節間伸長に関する研究

第3報 節間伸長に及ぼすジベレリンの影響*

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、ジベレリン (GA_3) の節間伸長に及ぼす影響を処理濃度と処理時期について検討した。主茎の各節間はジベレリン濃度 0.1 ppm 以上の処理によって伸長が促進され、0.1-1000 ppm の範囲内では濃度が高いほど促進効果が大きく、残効も長かったが、節間径は処理によって伸長が促進された節間で細くなった。また、葉柄も節間長と同様に処理によって伸長が促進された。処理の効果は花芽分化期処理で最も大きく、処理時に伸長中であった節間および処理後に伸長した節間が長くなった。また、花芽分化期処理では節間数の増加が認められた。このように、ジベレリン処理は栄養生長量を増大させたが、粒重(収量)の増加には結びつかなかった。以上の結果から、生育の適当な時期にジベレリン散布処理を行えば、節間の伸長量や節間数を増大させることによって草丈や草型を制御できる可能性が示唆された。

キーワード : 化学的制御, ジベレリン, 植物生長調節物質, 伸長制御, 節間伸長, ダイズ。

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

Abstract : In order to obtain fundamental information on the chemical control of plant structure in soybean (*Glycine max* Merr. cv. Fukuyutaka), the effects of gibberellic acid (GA_3) on the internode elongation were examined. GA_3 was sprayed with different concentrations on the pot-grown plants at the different growth stages. The internode length was found to be increased by the application of GA_3 at 0.1 ppm and more concentration. The higher the GA_3 concentration from 0.1 ppm to 1000 ppm was, the longer the internode elongation was (Table 1, Fig. 1). The reduction in the diameter was observed in the internodes which were elongated by the application of the GA_3 (Fig. 1). And further, the GA_3 application also promoted elongation of petioles in the similar manner (Table 1). The promotion of internode elongation induced by the GA_3 was limited for the internodes that elongated after the GA_3 application and was most effective when it was given at the floral differentiation stage (Tables 2, 3, 4, Fig. 2). The GA_3 application at the floral differentiation stage increased the number of nodes on the main stem (Table 2). The GA_3 application increased vegetative growth, whereas seed weight per plant was not increased. From the results it appears that the GA_3 treatment at optimal stage can control the plant height and plant type by increasing the length of internodes and the number of nodes on the stem.

Key words : Chemical control, Control of elongation, Gibberellic acid (GA_3), Growth regulator, Internode elongation, Soybean.

植物の伸長生長には、複数の植物生長調節物質が関与していることは広く知られている。そのなかで、ジベレリンは伸長生長に最も大きな影響力をもつと考えられている植物ホルモンである^{3,4)}。

本研究では、ダイズの伸長制御のための基礎的な知見を得るため、ジベレリン (GA_3) の節間伸長に及ぼす影響を処理時期および処理濃度について検討した。

材料と方法

秋ダイズ品種フクユタカを供試し、1986, 1987年の両年、九州大学農学部構内の圃場において以下

の実験を行った。

実験 1. 処理濃度について (1987 年)

催芽種子をバーミキュライトを充填した直径 9 cm の素焼ポットに 8 月 14 日に播種し、プラスチックハウスで第 2 本葉出葉時 (8 月 26 日) まで育てた後、生育の揃った個体を選びジベレリン処理を行った。処理翌日より調査日までの間、1 日おきにハイポネックス ($\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$: 6.5-6.0-19.0) 1000 倍液を 1 ポット当たり 130 ml 与えた。第 2 本葉出葉時に 0 (蒸留水), 0.01, 0.1, 1, 10, 100, 1000 ppm のジベレリン (GA_3 : 協和醸酵工業) 水溶液を噴霧器で 1 個体当たり 100 ml 散布した。散布は午後 5 時から行い、展着剤として Tween 20 を容量で 1% 添加した。各区は 4 個体 3 反復とし、

* 大要は、第 183 回講演会 (昭和 62 年 4 月) において発表。

処理後10日目に子葉節より切り取り地上部の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. 処理時期について (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、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 ($N-P_2O_5-K_2O:3-10-10$) 8g、消石灰5gを全量基肥として与えた。花芽分化期 (1986年は7月25日、1987年は7月26日)、開花期 (両年とも8月18日) および地上部最大期 (両年とも9月17日) の3時期に0 (蒸留水)、50, 100, 200 ppm のジベレリン (GA_3) 水溶液を実験1と同じく噴霧器で1個体当たり200ml散布した。なお、上記4処理区のほか無散布区を設けた。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. 幼植物の生長に及ぼす処理濃度の影響

ダイズ幼植物の生育に及ぼすジベレリン処理濃度の影響を第1表に示した。主茎節数は処理間にほとんど差はみられなかったが、主茎長は濃度が高い区ほど長かった。茎径は100および1000 ppm 区で細くなる傾向がみられたが、処理間に大きな差はなかった。また、葉面積は10 ppm 区までは濃度が高く

なるにつれて増大したが、それ以上では減少した。比葉重 (単位葉面積当たり葉身乾物重) は濃度が高い区で小さくなった。葉柄は各区とも第3葉あるいは第4葉で最も長かったが、その長さはジベレリン濃度が高い区ほど大きかった。地上部乾物重は濃度が高い区ほど茎重は増大したが葉身重は逆に減少し、10および100 ppm 区で最大となった。

伸長開始時にジベレリン処理を受けた第4節間についてみると、節間長は100 ppm までは濃度が高い区ほど長かったが、1000 ppm 区は100 ppm 区に比べて約11%短かった。また、節間径は濃度が高い区ほど細くなった。なお、ダイズ諸器官に対するジベレリンの影響は0.1 ppm 前後から認められた。

第1図に各区の主茎節間長を示した。ジベレリン処理時にほとんど伸長を終えていた第1節間には処理の影響はみられなかったが、第2節間より上位の節間では0.1 ppm 以上の濃度で伸長促進効果が認められた。また、10 ppm 以上の濃度では第3節間より上位の節間が第1節間より長くなったが、最長節間は濃度が高いほど上位の節間に移行し、最長節間長も長くなった。

2. ダイズの生育に及ぼす処理時期の影響

ダイズの生育に及ぼすジベレリンの処理時期の影響は両年ともほぼ同様であったので1987年の結果を第2, 3, 4表に示した。なお、開花まで日数は1986年では花芽分化期処理により全濃度区とも約2日短縮されたが、1987年は処理間差がなく、生育日数には両年とも処理の影響は認められなかった。

主茎節数は花芽分化期処理では各濃度区とも1-2節増加したが、開花期処理では影響は認められな

Table 1. Effects of gibberellic acid (GA_3) on the growth of soybean seedlings.

Treatment	No. of nodes on main stem	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf area ($cm^2/pl.$)	Specific leaf weight (g/m^2)	Length of the longest petiole (mm)	Dry weight of shoot (g/pl.)	The 4th internode length (mm)	The 4th internode diameter (mm)
GA_3 1000ppm	7.0 ^a	95.5 ^e	2.7 ^a	195.5 ^a	23.3 ^a	157 ^f	1.2 ^c	266 ^d	2.0 ^a
GA_3 100ppm	7.0 ^a	89.1 ^d	2.7 ^a	209.7 ^{bcd}	23.8 ^a	149 ^e	1.3 ^c	298 ^e	2.1 ^a
GA_3 10ppm	7.0 ^a	52.3 ^c	2.9 ^b	234.8 ^d	27.2 ^b	120 ^d	1.3 ^c	172 ^c	2.4 ^b
GA_3 1ppm	6.9 ^a	27.2 ^b	2.9 ^b	225.0 ^c	29.9 ^c	99 ^c	1.1 ^{bc}	51 ^b	2.6 ^c
GA_3 0.1ppm	6.9 ^a	21.2 ^a	2.9 ^{ab}	209.4 ^{bc}	29.1 ^c	87 ^b	1.0 ^{ab}	32 ^{ab}	2.7 ^{cd}
GA_3 0.01ppm	6.9 ^a	19.2 ^a	2.8 ^{ab}	199.9 ^{ab}	30.4 ^c	78 ^a	1.0 ^a	27 ^a	2.7 ^{cd}
Control*	6.8 ^a	19.5 ^a	2.8 ^{ab}	208.9 ^{bc}	30.2 ^c	78 ^a	1.0 ^{ab}	30 ^{ab}	2.8 ^d

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

* Control plants were treated with 1% (V/V) aqueous-Tween 20 solution without GA_3 .

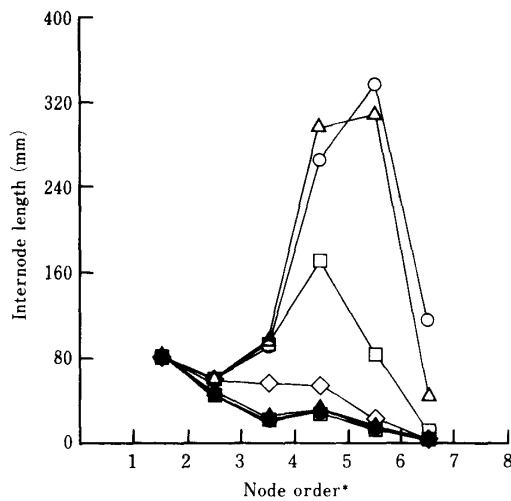


Fig. 1. Effects of gibberellic acid (GA_3) on the length of internodes on the main stem.

○: 1000 ppm, △: 100 ppm, □: 10 ppm,
◇: 1 ppm, ▲: 0.1 ppm, ■: 0.01 ppm,
●: Control.

*1, 2, and the number (N) over 2 indicate the cotyledon node, primary leaf node and (N-2) th trifoliate leaf node, respectively.

った。一方、主茎長は両時期とも処理濃度に伴って長くなったが、伸長促進効果はいずれの濃度区においても花芽分化期処理で大きく、特に、高濃度区ほど顕著であった。また、茎重は主茎長と同様の傾向を示し、主茎の伸長促進効果が認められた区で大きくなったが、処理時期、濃度に一定の傾向はみられなかった。茎径、粒重、百粒重には有意な差は認められなかった。地上部最大期処理では後述するように、全ての節間が伸長を終えていたため、主茎節数、主茎長には各濃度区とも処理の影響は全く認められなかった。

主茎の節間に及ぼすジベレリン処理時期の影響は、両年ともほぼ同様の傾向を示したので、1987年の100 ppm 処理の結果を第2図に示した。まず、花芽分化期処理では、処理時に伸長を終えていた第4節間以下の節間では処理の影響はみられず、それより上位の節間で伸長促進と節間径の減少が認められた。特に節間長に対する効果は上位節間になるほど減少し最上位節間ではみられなかった。開花期処理においても、伸長を終えていた第12節間までは処理の影響はみられず、それより上位の節間で伸長促進効果が認められ、節間径は第14節間より上位節間で若干減少した。また、地上部最大期処理では、全ての節間が伸長を終えていたため、処理の影響は全く認められなかった。一方、処理濃度の効果

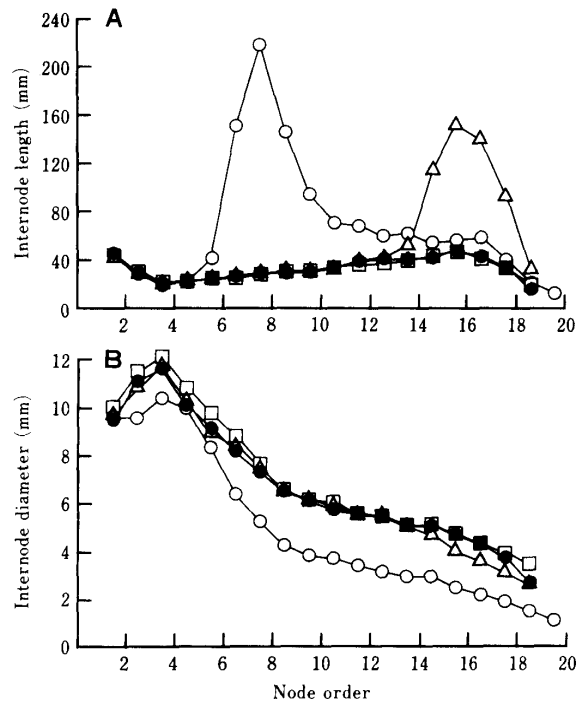


Fig. 2. Effects of gibberellic acid (GA_3 : 100 ppm) applied at the three different growth stages on the length (A) and thickness (B) of internodes on the main stem (1987).

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

は、花芽分化期処理、開花期処理ともジベレリン濃度が高くなるほど伸長促進効果が大きく、かつ、最長節間は上位の節間に移行し、節間長も長くなり、節間径は細くなる傾向が認められた。

考 察

ジベレリンは一般に細胞や組織の伸長を促進するとされている^{3,4)}が、本実験のダイズにおいてもジベレリン (GA_3) 処理は節間では1 ppm 以上、葉柄では0.1 ppm 以上の濃度で伸長促進効果が認められた。高橋・輪田⁶⁾は光条件下における水稻幼植物の第2葉鞘長の伸長は0.1 ppm 以上の濃度で促進されるが、節間伸長の促進される濃度は100 ppm あるいはそれ以上であると報告していることから、ダイズの葉柄と節間の伸長を促進するジベレリン濃度の差は水稻の葉鞘と節間における差に比べてかなり小さいのが特徴である。なお、暗条件下における水稻の節間伸長に及ぼすジベレリン処理の効果は、節間伸長開始2-5日前の処理で最大であったと報告されている⁶⁾が、ダイズにおいても、処理効果は

Table 2. Effects of gibberellic acid (GA₃) applied at floral differentiation stage on the growth of soybean (1987).

Treatment	No. of nodes on main stem	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem weight* (g/pl.)	Seed weight* (g/pl.)	Seed size (g/100seeds)
GA ₃ 50ppm	20.0 ^b	83.9 ^b	9.6 ^a	19.0 ^b	42.6 ^a	27.4 ^a
GA ₃ 100ppm	20.6 ^b	111.6 ^c	9.6 ^a	18.0 ^{ab}	41.0 ^a	24.7 ^a
GA ₃ 200ppm	20.6 ^b	138.7 ^d	9.7 ^a	19.7 ^b	43.4 ^a	26.2 ^a
Control	19.0 ^a	55.7 ^a	9.5 ^a	16.1 ^a	45.1 ^a	27.2 ^a

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.

Table 3. Effects of gibberellic acid (GA₃) applied at the beginning of flowering stage on the growth of soybean (1987).

Treatment	No. of nodes on main stem	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem weight* (g/pl.)	Seed weight* (g/pl.)	Seed size (g/100seeds)
GA ₃ 50ppm	18.8 ^a	79.5 ^b	9.4 ^a	17.4 ^a	34.3 ^a	26.5 ^a
GA ₃ 100ppm	19.2 ^a	91.5 ^c	9.5 ^a	18.8 ^a	36.4 ^a	24.8 ^a
GA ₃ 200ppm	19.2 ^a	105.0 ^d	9.8 ^a	23.6 ^a	41.8 ^a	28.0 ^a
Control	19.0 ^a	54.4 ^a	10.0 ^a	17.5 ^a	44.1 ^a	28.3 ^a

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.

Table 4. Effects of gibberellic acid (GA₃ 100 ppm) on the growth of soybean (1987).

Growth stage of treatment	No. of nodes on main stem	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem weight* (g/pl.)	Seed weight* (g/pl.)	Seed size (g/100seeds)
Floral differentiation	20.6 ^b	111.6 ^c	9.6 ^a	18.0 ^b	41.0 ^a	24.7 ^a
The beginning of flowering	19.2 ^a	91.5 ^b	9.5 ^a	18.8 ^b	36.4 ^a	24.8 ^a
The end of vegetative growth	19.2 ^a	54.4 ^a	10.2 ^a	17.4 ^b	42.5 ^a	28.0 ^a
Control (Non-treated)	19.0 ^a	54.0 ^a	9.4 ^a	14.5 ^a	36.8 ^a	24.9 ^a

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.

処理後に伸長最盛期を迎える節間において顕著であり、伸長停止期に入り伸長能力を失った節間では効果はみられなかった。

本実験においては、花芽分化期のジベレリン処理によって主茎節数が増加したが、この原因は開花後の出葉数が増加したためで、ジベレリン処理によってホルモンバランスが変化して葉の分化数が多くなったか、本来なら発育しない葉芽がジベレリン処理によって発育したためではないかと考えられる。

Bostrack and Struckmeyer¹⁾ は、ダイズは短日条件下ではジベレリン処理によって主茎節数が増加したが、長日条件下では増加しなかったと報告している。しかし、Watanabe and Stutz⁸⁾ は白花ルーピンでは長日、短日条件にかかわらずジベレリン処理によって主茎節数が増加したとしている。おそらく、主茎節数に対するジベレリンの効果は、作物の種の違いや植物体の生育ステージの違い、さらには、環境条件によって変化するものと思われる。

ジベレリン処理による伸長促進について、水稻では高橋・輪田⁶⁾、高橋ら⁷⁾は細胞伸長が主要因であるとしているが、清水⁵⁾は分裂組織の活性が高められるため細胞長の増大だけでなく細胞数の増加も原因の1つであるとしている。また、Greulach and Haesloop²⁾はインゲンマメにおける伸長促進は細胞の伸長促進ではなく分裂促進によると報告しており、ジベレリンの伸長促進効果は処理時期や濃度によって一定ではないと思われる。しかし、本実験のダイズにおいてみられたジベレリン処理による伸長促進は、伸長最盛期を迎える部位において処理後2-3日目より効果が認められたことから、主に細胞の伸長促進に起因するものであろうと推察される。また、ジベレリン処理による節間径の減少は茎の急激な伸長によるもので肥大抑制とは考えがたく、伸長促進に伴う養分競合の結果と思われる。

以上、本実験の結果から、ダイズにおいてはジベレリン処理は処理時に伸長中の節間、あるいは処理後に伸長する節間の伸長生長を促進するとともに、処理時期によっては節間数の増加を引き起こすことが明らかとなった。ジベレリン処理は粒重(収量)の増加には結び付かなかったが、節間の伸長量や節間数を変化させることから草丈や草型の制御法として利用できる可能性が示唆された。

引用文献

1. Bostrack, J. M. and B. E. Struckmeyer 1964. Effects of gibberellic acid on the anatomy of soybeans (*Glycine max*). Am. J. Bot. 51: 611—617.
2. Greulach, V. A. and J. G. Haesloop 1958. The influence of gibberellic acid on cell division and cell elongation in *Phaseolus vulgaris*. Am. J. Bot. 45: 566—570.
3. 倉石 晉 1976. ジベレリン. 植物ホルモン. 東京大学出版会, 東京. 52—76.
4. Moore, T. C. 1979. Gibberellins. Biochemistry and Physiology of Plant Hormones. Springer-Verlag, New York. 90—146.
5. 清水正治 1965. 水稻の形態形成におよぼすジベレリンの影響. 第1報 生育時期別処理の影響. 日作紀 33: 379—387.
6. 高橋 清・輪田 潔 1972. 水稻節間の伸長機構に関する研究. 第1報 幼植物第2節間の伸長に及ぼす光およびジベレリン酸の影響. 日作紀 41: 431—436.
7. ———・佐藤 庚・輪田 潔 1972. ———. 第2報 幼植物第2節間の内部形態に及ぼす光およびジベレリン酸の影響. 日作紀 41: 437—442.
8. Watanabe, R. and R. E. Stutz 1960. Effect of gibberellic acid and photoperiod on indoleacetic acid oxidase in *Lupinus albus* L. Plant Physiol. 35: 359—361.