



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

上島，脩志

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 10(2):177-182

(Issue Date)

1972

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00228436>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00228436>



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**

上 島 脩 志*

(昭和47年8月10日受理)

Considerations on the Mechanism of Expression of Dwarf Genes in Rice Plants

I. Response to gibberellic acid and presence of endogenous gibberellin-like substances in rice plants

Osamu KAMIJIMA

多くの植物に存在する遺伝的矮性が、矮性遺伝子のいかなる作用によって発現するかを明らかにするため、従来広範な研究がなされている。ある種の矮性トウモロコシや矮性エンドウにジベレリン酸 (GA_3) を外部から与えると、著しい伸長効果のあることや (PHINNEY 1956, 1961, TANIMOTO et al. 1967), 多くの高等植物の体内にジベレリン様物質の存在が明らかであること (PHINNEY et al. 1957, 村上 1965, MURAKAMI 1970) などから植物の伸長生長にジベレリン様物質が重要な役割を演じていると考えられるようになった。

PHINNEY (1961) はトウモロコシで、 GA_3 によく反応する矮性種は正常種にくらべて体内ジベレリン様物質の含量が少ないことから、矮性化の1つの原因は矮性遺伝子によるジベレリン様物質の生合成の阻害によるものと考えた。同様の結果は、ある種の矮性アサガオ、イネ、インゲンマメなどでも得られている (OGAWA 1965, SUGE and MURAKAMI 1968, GOTOH 1970)。一方矮性種でも GA_3 に対して反応の鈍い品種や系統もあり (PHINNEY 1956, 1961, ALLAN et al. 1959, 鎌田・岸本 1960, 永松ら 1964, RADLEY 1970, HARADA and VERGARA 1971, 太田 1971), このような矮性種のうちでジベレリン様物質の含量が多いものもある (RADLEY 1970)。これらはジベレリン様物質の生合成とは異なる代謝回路が矮性遺伝子によって阻害されていると考えられている (PHINNEY 1961, RADLEY 1970)。

しかし、イネでは GA_3 やその他のジベレリン類によく反応するにもかかわらず、幼苗期の体内ジベレリン様物質の含量は正常種とかわらない矮性種もあって、矮性化の原因は複雑である (SUGE and MURAKAMI 1968)。

本研究では、この複雑なイネの矮性化の機構とジベレリンとの関係をたしかめるために、多数品種の GA_3 に対する反応性と代表2品種により稈の伸長時期における体内ジベレリン様物質の活性について実験した。さらに、バイオアッセイの検定用品種についても、若干の実験を行なった。これらの結果について報告する。

本研究は著者が東京大学大学院在学中に行なわれ、学位論文の一部をなすものである。研究の遂行については、当時の指導教授松尾孝嶺博士の一貫した懇切なご指導を受け、大曾根兼一助教授、丹羽勝博士をはじめ育種学研究室の諸氏、茨城大学農学部谷口晋助教授その他多くの方々のご指導、ご激励に負うところが多い。ここに記して深謝の意を表する。

材 料 と 方 法

1. GA_3 に対する反応試験

材料は68の矮性稲品種または系統と、24の正常稲品種を用いた。種子を1000倍液のウスプルンで約4時間消毒し、水洗した後、2日間 $25^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 暗黒条件下で芽出しを行なった。このうちから発芽のよくそろった種子を各品種、系統について60粒選び、内径3 cm, 高さ6~9 cmの管ビンに1本につき5粒ずつ置床した。 GA_3 の濃度は、0, 0.01, 0.1, 1, 10, 100 ppm の6段階とし (0は蒸留水のみ 対照区), 管ビンごとに1 cc ずつ与えた後、アルミホイルでふたをした。その後 30°C で12時間明期, 25°C で12時間暗期の人工照明室 (6000 lux) 内で8~10日間生育させ、第3葉が抽出してから第2葉の葉鞘長をmm単位で測定した。試験は2回反復とした。

2. ジベレリン様物質の抽出とバイオアッセイ

材料は、矮性稲として三系10号と小丈玉錦を、正常稲として綾錦と玉錦を用いた。三系10号は綾錦と短銀坊主の交雑後代に、綾錦を2回戻し交雑した系統で、矮性遺

* 作物育種学研究室

** 日本育種学会第36回講演会で発表

伝子は短銀坊主と同一である。小丈玉錦は自然突然変異によって玉錦から生じたもので、外部形態や出穂期などからみて、両者は矮性遺伝子をのぞいてはほぼisogenicであると考えられる。

(1) 抽出物のジベレリン様物質の活性をバイオアッセイするに先立ち、検定に用いる材料によって反応に差があるかどうかを、短銀坊主と小丈玉錦を検定植物として、上記4品種の抽出物で検定した。

(2) 上記4品種を東大農学部育種学研究室の水田で栽培し、節間伸長開始期、急速に節間伸長している時期および伸長完了期の3回にわたって、各時期とも稈と葉身についてジベレリン様物質の抽出を行なった。抽出と抽出物のペーパークロマトグラフィによる展開およびバイオアッセイはSUGE and MURAKAMI (1968)の方法によった。検定品種には短銀坊主を用いた。

結 果

1. GA_3 に対する反応性の品種間差異

得られた結果は、横軸に GA_3 濃度を、たて軸に第2

葉鞘長をとるとシグモイド曲線を描き、1 ppmの付近がほぼ変曲点であると考えられた。それで、ここでは無処理区(0 ppm)の葉鞘長に対する1 ppm処理区の葉鞘長の割合をパーセントで表わし、これを GA_3 反応度とした。

ある種の大黒型矮性稲は GA_3 に対する感受性が鈍いことが知られているので(村上 1968)、このことが多数の大黒型矮性稲についても同様に成立つかどうかをみるために、結果の分析は矮性稲を30の大黒型矮性稲と38のその他の矮性稲に分けて行なった。

GA_3 に対する反応度と第2葉鞘長との関係を、正常稲、大黒型矮性稲およびその他の矮性稲について第1図に示した。

正常稲では第2葉鞘長と GA_3 反応度との間には5%水準で有意な負の相関(-0.443)があった。すなわち、無処理のときの第2葉鞘が長い品種ほど反応が鈍い傾向があった。しかし赤室は第2葉鞘が長いにもかかわらず GA_3 に対する感受性は高かった。

その他の矮性稲でも2変量間に1%水準で有意なかな

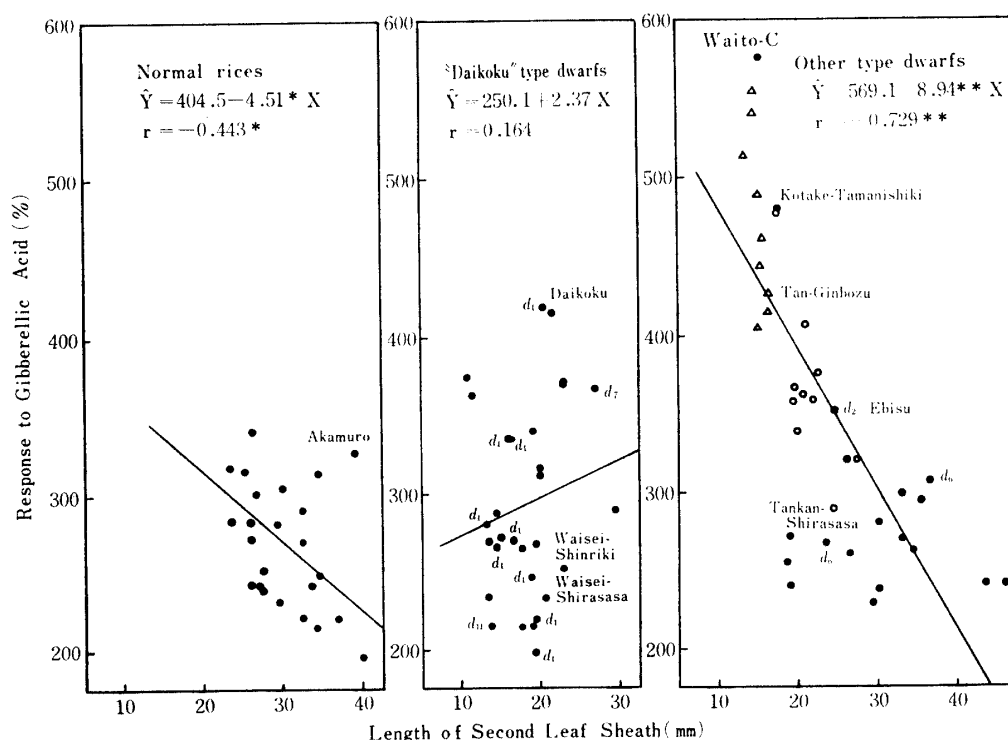


Fig. 1. Correlation between length of second leaf sheath and percent response to gibberellic acid in normal, the "Daikoku" type dwarf and the other type dwarf rice groups.

○ : Okitama dwarf, △ : Sankei dwarf. d : Dwarf gene involved.

*Significant at the .05 level. **Significant at the .01 level.

り高い負の相関が認められ (-0.729), 特に矮稲C, 短銀坊主とその矮性遺伝子をもつ三系系統, 置賜系矮性稲および小丈玉錦は, 他の矮性稲や正常稲にくらべて感受性が高かった。

しかし, 大黒型矮性稲では有意な相関がみられなかった (0.164)。また, 同じ d_1 遺伝子に支配されていると考えられるいくつかの品種でも, 感受性の高いものと低いものとがあった。

大黒型矮性稲について, 1 ppm 処理区の第2葉鞘長から無処理区のそれを差引いた伸長の絶対量と, 無処理区の葉鞘長との関係をみたところ, 第2図に示すように1%水準で有意な正の相関 (0.662) があった。すなわち, 大黒型矮性稲においては, 他の2群と異なり, 第2葉鞘の長いものほど GA_3 処理による伸長の絶対量は大きい傾向がみられた。

2. 検定植物による抽出物への反応の差異

検定植物による抽出物への反応のちがいの有無をみるために, 4品種の葉身からのアセトン抽出物をペーパークロマトグラフィで展開した後, これを短銀坊主と小丈玉錦を検定植物として処理した結果を第3図に示した。この結果, 短銀坊主は三系10号をのぞく他の3品種からの抽出物によく反応した。ところが小丈玉錦は4品種のどの抽出物にも反応を示さなかった。したがって, 抽出物の検定には, 小丈玉錦より短銀坊主の方がより適当で

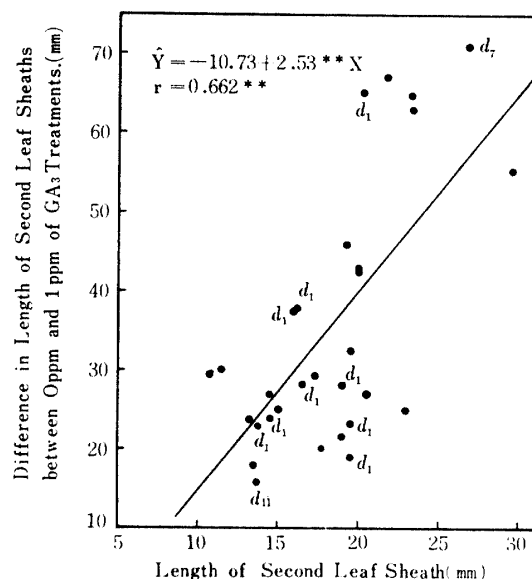


Fig. 2. Correlation between length of second leaf sheath and difference in those between 0 ppm and 1 ppm of GA_3 treatments in the "Daikoku" type dwarfs.

**Significant at the .01 level.

あると考えられる。

3. 生育時期別, 器官別にみた体内ジベレリン様物質の活性

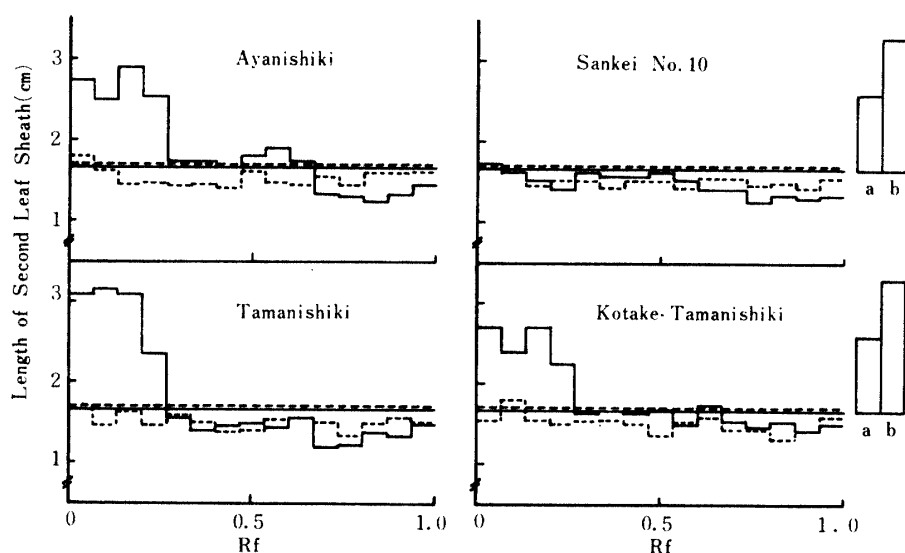


Fig. 3. Difference between responses of two dwarf testers to gibberellin-like substances from leaf blades of four rice varieties.

— Tan-Ginbozu assay. Kotake-Tamanishiki assay. a, b: Response to added GA_3 ($0.05 \mu\text{g/ml}$) of Tan-Ginbozu and Kotake-Tamanishiki, respectively.

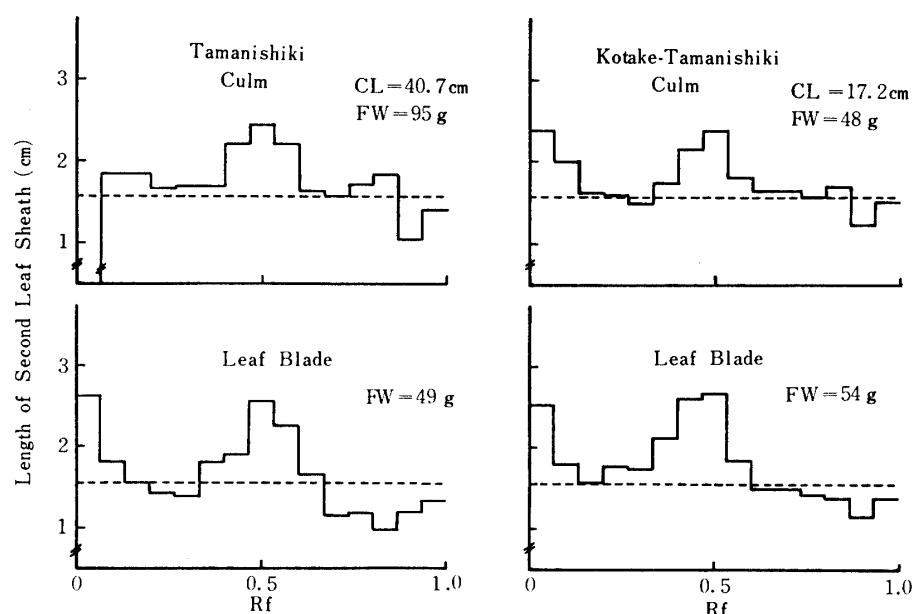


Fig. 4. Activity of gibberellin-like substances from culms and leaf blades of Tamanishiki and Kotake-Tamanishiki in rapidly elongating stage of culm.
CL : Culm length. FW : Fresh weight.

2の結果から短銀坊主を検定植物として用いた結果、三系10号では、どの生育時期においても稈および葉身からジベレリン様物質の活性は検出できなかった。残りの3品種では、稈、葉身ともその抽出物から活性が認められた。第4図に、玉錦と小丈玉錦について、稈が急速に伸長している時期の稈と葉身からの抽出物のバイオアッセイの結果を示した。この図からあきらかなように、玉錦と小丈玉錦では、稈、葉身のいずれにおいても活性に差は認められなかった。またRf値の大きい部分に伸長抑制を示す分画が存在するが、これについても小丈玉錦の方がその抑制作用が強いとはいえなかった。これらの関係は、どの生育時期でもほぼ同様であった。

図は省略したが、生育時期別にみると、ジベレリン様物質の活性を示す3品種とも、稈が急速に伸長している時期が他の時期にくらべてその活性が高い傾向が認められ、また葉身の方が稈よりやや活性が高いように思われた。

考 察

イネでも品種、系統によって GA_3 に対する反応性が異なっていることは、前記 鎌田・岸本 (1960)、永松ら (1964)、村上 (1968)、HARADA and VERGARA (1971) などによって報告されている。ここでも正常稲、大黒型矮性稲、その他の矮性稲の各群内および群間

で反応性に差異がみられた。HARADA and VERGARA (1971) は、日本型、インド型および矮性稲では、第2葉鞘長と GA_3 反応度との間に負の相関があることをみているが、本実験では日本型のうちの正常稲とその他の矮性稲ではほぼ同じ結果が得られた。しかし大黒型矮性稲では、村上 (1968) がみているように、第2葉鞘長が短くても反応性の鈍い品種が多数存在し、むしろ第2葉鞘の長いもののほど GA_3 処理による伸長の絶対量は増大する傾向があり、他の群とは著しく異なっていた。このことは、第2葉鞘の短い大黒型矮性稲は遺伝子による伸長抑制作用が強く、 GA_3 処理によっても細胞分裂あるいは細胞伸長が促進されないことを示している。

同じ d_1 遺伝子に支配されている大黒型矮性稲でも、感受性の高いものと低いものとが存在することがあきらかとなったが、このことは、 GA_3 に対する感受性は矮性遺伝子以外の遺伝子に支配されている可能性を示唆している。同様のことは d_6 遺伝子に支配されている2つの矮性稲についてもいえる (第1図)。

本実験で明らかにされた GA_3 に対する反応度と、SUGI and Murakami (1968) が明らかにした体内ジベレリン様物質の含量とを対比させると、つぎのような特徴を持つ矮性稲が分けられた。すなわち、① GA_3 に対する反応性は高く、体内ジベレリン様物質の含量は少ないもの (矮稲C、置賜系矮性稲、短銀坊主および三系矮性

稲), ②反応性は高く含量も多いもの(小丈玉錦, 大黒, 夷), ③反応性は低く含量も少ないもの(短稈白笹, 矮性白笹, 矮性神力)である。しかし, コムギでRADLEY (1970) がみたような, 反応性は低く, 含量が多い矮性稲はみいだせなかった。①に属する矮性稲の矮性化の原因は, PHINNEY (1961) が述べているように, 体内ジベレリン様物質の生合成が遺伝子によって阻害されているため, 外部から与えられた GA_3 をよく利用して伸長が回復すると考えられるが, 他の矮性稲についてはその機構を十分に説明することができない。

抽出物の活性を検定する際, 検定植物を変えて行なった実験で, 短銀坊主と異なり小丈玉錦を用いたときは4品種すべてがジベレリン様物質の活性を示さなかった。小丈玉錦は GA_3 に対してはよく反応するので, イネからの抽出物に対して反応しないことは, イネの抽出物中には GA_3 は存在しないか, または, 存在してもこの検定方法では検出できないくらい微量であることを示すものであろう。したがって, 短銀坊主を検定植物にしたとき現われる活性は, 少なくとも GA_3 以外のジベレリン様物質によるものといえる。生物検定の方法によって種々のジベレリン類の活性のあらわれ方が異なることは村上 (1966), CROZIER (1970) が詳細に調べており, また, 同じイネを検定植物として用いても品種によって反応にちがいのあることは, MURAKAMI (1970) が広範囲の植物の抽出物を短銀坊主と矮稲Cに処理した結果で認めている。これらの結果から, PHINNEY (1961) がすでに述べているように, ジベレリン様物質の活性の検定方法には充分注意する必要があると思われる。

短銀坊主を検定植物に用いたとき, 幼苗期には三系10号ではジベレリン様物質の活性が全くみられないが, 小丈玉錦では正常稲と同じくらい高い活性が認められることは, すでにSUGE and MURAKAMI (1968) が明らかにしている。この事実は稈の伸長する時期でも同じであることがわかった。三系10号は幼苗期には小丈玉錦と同様にきわめて矮性であるが, 最終稈長は小丈玉錦より10 cm ほど長い。しかしこの稈の伸長にもジベレリン様物質は関与していないと考えられる。小丈玉錦のジベレリン様物質の含量は, その原品種である玉錦と, 生育時期別, 器官別にみてほとんど差のないことから, 小丈玉錦の矮性化の原因もジベレリン様物質の欠如によるものとは考えられなかった。

以上のことから, イネの矮性化の原因は, GA_3 に対する反応性や体内ジベレリン様物質の含量だけに注目しても説明できないことが多く, 今後さらに多方面からの

研究が必要であると考えられる。

摘 要

1). 30の大黒型矮性稲, 38のその他の矮性稲および24の正常稲の3群計92の品種, 系統を用いて, GA_3 に対する反応性を調べた。各群間のみならず群内でも反応性に差異がみられた。正常稲およびその他の矮性稲では, 第2葉鞘長と GA_3 反応度との間に有意な負の相関があったが, 大黒型矮性稲ではむしろ第2葉鞘の長いもののほど GA_3 によく反応する傾向がみられた。

2). 同じ矮性遺伝子に支配されている矮性稲でも反応に著しい差があった。したがって, GA_3 に対する反応性は矮性遺伝子そのものによって支配されているとは考えられなかった。

3). 矮性稲である三系10号と小丈玉錦, および正常稲である綾錦と玉錦の葉身からのアセトン抽出物をペーパークロマトグラフィで展開し, 短銀坊主と小丈玉錦に処理したところ, 前者は三系10号をのぞく3品種の抽出物に反応した。しかし, 小丈玉錦は4品種の抽出物に対して全く反応を示さなかった。小丈玉錦は GA_3 によく反応するので, 短銀坊主を用いたときみられるジベレリン様物質の活性は GA_3 によるものとは考えられなかった。

4). 三系10号では幼苗期と同様に, 稈の伸長期にも稈および葉身からジベレリン様物質の活性は検出できなかった。一方小丈玉錦には常に正常稲と同じくらい体内ジベレリン様物質が存在した。

5). 以上の結果, イネの矮性化の原因を, GA_3 や体内ジベレリン様物質の含量で説明することは困難なものが多かった。

引 用 文 献

- 1) ALLAN, R. E., C. A. VOGEL and J. C. CRADDOCK JR. : Comparative response to gibberellic acid of dwarf, semi-dwarf, and standard short and tall winter wheat varieties. *Agron. J.*, **51**, 737-740, 1959.
- 2) CROZIER, A., C. C. KUO, R. C. DURLEY, and R. P. PHARIS : The biological activities of 26 gibberellins in nine plant bioassays. *Can. J. Bot.*, **48**, 867-877, 1970.
- 3) GOTOH, N. : A comparison of gibberellin-like substances in germinating cotyledons of tall and dwarf varieties of *Phaseolus vulgaris* L.. *Plant & Cell Physiol.*, **11**, 355-359, 1970.

- 4) HARADA, J., and B. S. VERGARA : Response of different rice varieties to gibberellin. *Crop Sci.*, **11**, 373-374, 1971.
- 5) 鎌田慶子・岸本 修 : ジベレリンが矮性型水稻の稈長に及ぼす影響について, 育雑 **10**, 204, 1960.
- 6) 村上 浩 : 植物界におけるジベレリンの分布, 植物生理 **4**, 189-204, 1965.
- 7) ——— : イネの胚乳を用いるジベレリンの定量法およびその適用に関する考察, 植雑 **79**, 315-327, 1966.
- 8) ——— : ジベレリンの新しいイネ苗テスト“点滴法”およびそのイネ, アサガオ抽出物への適用, 植雑 **81**, 33-43, 1968.
- 9) MURAKAMI, Y. : A survey of gibberellins in shoots of angiosperms by rice seedling test. *Bot. Mag.*, **83**, 312-324, 1970.
- 10) 永松土己・大村 武・続 栄治 : 矮性稲に対するジベレリンの影響, 育雑 **14**, 199, 1964.
- 11) OGAWA, Y. : Changes in the content of gibberellin-like substances of seeds and seedlings in the tall and dwarf varieties of *Pharbitis nil* Chois.. *Bot. Mag.*, **78**, 474-480, 1965.
- 12) 太田敏郎 : 作物体内におけるジベレリン代謝の生理的意義 第1報 GA_3 によるインゲンの伸長促進作用, 日作紀 **40**, 403-409, 1971.
- 13) PHINNEY, B. O. : Growth response of single-gene dwarf mutants in maize to gibberellic acid. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S.*, **42**, 185-189, 1956.
- 14) ——— : Dwarfing genes in *Zea mays* and their relation to the gibberellins. In *Plant Growth Regulation*, R. E. Klein, (ed.), Iowa State Univ. Press, p. 489-501, 1961.
- 15) ———, C. A. WEST, M. RITZEL and P. M. NEELING : Evidence for gibberellin-like substances from flowering plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S.*, **43**, 398-404, 1957.
- 16) RADLEY, M. : Comparison of endogenous gibberellins and response to applied gibberellin of some dwarf and tall wheat cultivars. *Planta*, **92**, 292-300, 1970.
- 17) SUGE, H. and Y. MURAKAMI : Occurrence of a rice mutant deficient in gibberellin-like substances. *Plant & Cell Physiol.*, **9**, 411-414, 1968.
- 18) TANIMOTO, E., N. YANAGISHIMA and Y. MASUDA : Effect of gibberellic acid on dwarf and normal pea plant. *Physiol. Plant.*, **20**, 291-298, 1967.

Summary

1) Responses to gibberellic acid (GA_3) were investigated with 92 paddy rices including three groups; 30 the “Daikoku” type dwarfs, 38 the other type dwarfs, and 24 normal rices. Differences in degrees of the responses were observed between the groups and among varieties within the same group. There was a negative correlation between the length of the 2nd leaf sheath and the response to GA_3 in varieties belonging to the other type dwarfs and normal rices (Fig. 1), but longer 2nd leaf sheath tended to correlate positively with higher sensitivity to added GA_3 in the “Daikoku” type dwarfs (Fig. 2).

2) The responses to GA_3 were also different among the dwarf varieties controlled by the same dwarf gene (Fig. 1), and then the sensitivity to GA_3 was considered to be hardly controlled by the dwarf gene itself.

3) Acetone extracts from the leaf blades of two dwarf rices “Sankei No.10” and “Kotake-Tamanishiki”, and two normal rices, “Ayanishiki” and “Tamanishiki” were developed by the paper chromatography. When these extracts were applied, “Tan-Ginbozu” variety responded well to the extracts except for that from “Sankei No. 10”, but “Kotake-Tamanishiki” variety did not respond at all (Fig. 3). The latter, however, had a significant response to added GA_3 . Thus, it was concluded that the acetone extracts from leaf blades of four varieties had no GA_3 in detectable amount.

4) No gibberellin-like substances was also ascertained in the extracts from the culm and leaf blade of “Sankei No. 10”, in rapidly elongating stage of culm, as already seen in seedling stage. On the other hand, the extracts from “Kotake-Tamanishiki” always contain gibberellin-like substances as much as those from normal rices (Fig. 4).

5) It seems to have difficulty to explain all of the mechanisms of expressions of dwarf genes in paddy rice in relation to the responses to GA_3 or the amounts of gibberellin-like substances.