インゲンマメの葉における屈光運動と品種間差異

北海道教育大学紀要（第２部Ｂ）第30巻 第１号
Journal of Hokkaido University of Education (Section II B) Vol. 30, No. 1

昭和54年９月
September, 1979

インゲンマメの葉における屈光運動と品種間差異

佐藤　肇・後藤寛治*
北海道教育大学札幌分校農業研究室
* 北海道大学農学部食用作物学教室

The Phototropic Movement and it's Varietal Difference in the Leaf of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Hajime SATO and Kanji GOTOH*
Agricultural Laboratory, Sapporo College, Hokkaido University of Education, Sapporo 064
* Laboratory of Crop Science, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060

Abstract

Differences between common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties in phototropic movement of the leaf were investigated.

Three varieties, Antioquia 1, Taisho-kintoki and Mexico 489, were grown in 1/5,000a wagner-pot under out-door conditions. A few days before measurements, the terminal leaflet of the first leaf was set to the north. Azimuth, altitude (up-ward or down-ward inclination) and torsion angle (side-way turning) of 3 leaflets in the first leaf were measured from early morning to sunset under fine weather.

Normal to the leaf-surface of the common bean plant changed from east to west during the day, as it followed the sun's beam.

Those three varieties remarkably differed in the phototropic movements of the leaves, and were characterized as follows ; (1) variety responding mainly with the altitude angle (Antioquia 1), (2) variety responding mainly with the torsion angle (Taisho-kintoki), and (3) variety responding with the altitude angle, but also with the torsion angle, according to the direction of the sun's beam to the leaflet (Mexico 489).

緒　言

植物の器官が，光刺激に対して方向性をもって傾斜する，いわゆる「屈光運動」は、古くより多くの植物について知られている（DOLK 1931, YIN 1938, 坂村 1951, BONHOMME ら 1974, SHELL

ら　1974)．マメ科植物にみられるこの運動は，葉身あるいは葉柄基部にある葉枕の柔組織細胞の膨圧変化によっておこる(BÜNNING 1931)．

川嶋（1969）は，物質生産上の立場からこれを「調位運動」とよび，大豆におけるこの運動の葉面受光におよぼす変化を論じ，SHELL・LANG（1976）もヒマワリを用いて，川嶋とほゞ同様の結果を報告している。しかし，この現象については，不明の点が多く，また作物学的意義についての報告もきわめて少ない．

著者らは，インゲンマメの葉における屈光運動の実態を把握するとともに，この運動の品種による差異を明らかにするため，前年7品種を用いて予備実験を行った．その結果，特徴的な運動を示す2・3の品種が認められた．本年これらの品種を用いて，さらに詳細な実験を試み，興味ある結果を得たのでここに報告する．

なお，本実験の逐行にあたり，種子の御提供とともに数々の御指導を賜った十勝農業試験場豆類第2科成河科長をはじめ科員の方々の御好意に感謝の意を表する．

材料および方法

予備実験では，小葉の傾斜を垂直方向の角度変化について測定した．その結果にもとづいて，特徴的な上下運動を示した3品種，Antioquia 1，大正金時およびMexico 489，を本実験に用いた．各品種8個体を1/5,000 aワグナー・ポットに1本植えし，それらを任意に配置して，第1本葉展開期に全個体について第1本葉の頂小葉が真北を向くようにポットを固定した．調査は第2～3本葉展開期に，第1本葉について，晴天の日を選んで午前6時から午后6時まで2時間おきに行った．各時刻にそれぞれの小葉の方位角（ϕ），葉軸方向の水平面に対する角度（上下傾斜角；θ）および葉軸に直角な方向の水平面に対する角度(ねじれ傾斜角；ψ)を時計の針の回転とは逆方向に測定した．さらにこれらの3測定値に基づき，次の式により葉面法線の方位角（α）および水平面に対する傾斜角（β）を算出した（川嶋　1969)．

$$\begin{cases} x=-\cos\phi\cdot\sin\theta\cdot\cos\psi+\sin\phi\cdot\sin\psi \\ y=-\sin\phi\cdot\sin\theta\cdot\cos\psi-\cos\phi\cdot\sin\psi \\ z=\cos\theta\cdot\cos\psi \end{cases}$$

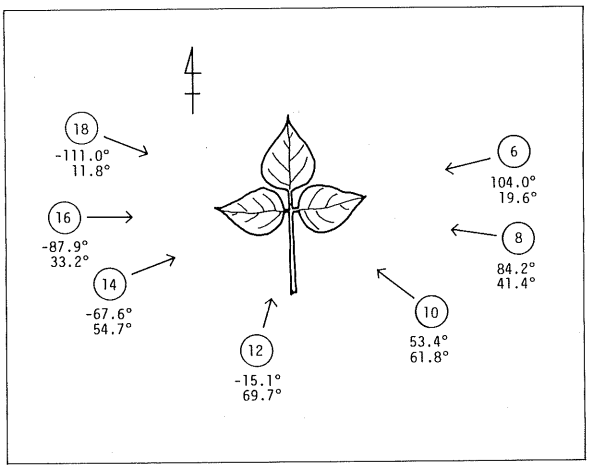

Fig. 1

Azimuth and altitude angle of sun's beam to the common bean leaf (June 27, 1978). Time; no. in the circle. Azimuth and altitude angle of sun's beam; upper and lower no. under each circle. Azimuth angle; + easterly direction, −westerly direction, as the south being a cardinal point.

ただし，x, y, zは葉面法線の方向余弦を示す．

$$\begin{cases} \alpha=\tan^{-1}y/x \\ \beta=\sin^{-1}z \end{cases}$$

なお，この運動に対する植物体内の水分による影響が考えられたので，調査期間中は，土壌のpFを常に2.7前後に保つように灌水した．

以上の調査は，6月中旬から下旬に4回行ったが，ほぼ同様の結果を得たので，本報告では，6月27日の調査結果について述べる．なお，この日の各時刻における太陽光の方位および傾斜角と第1本葉の位置関係を第1図に示す．

結　　果

葉面法線の時間的変化

葉面の変化は，葉面法線（葉面にたてた垂線）の方位および水平面に対する傾斜角（以下，傾斜角とよぶ）の2つの要素によってとらえられ，その時間的変化が第2図に示されている．同図では，ある時刻における方位が，座標軸の原点と各点を結ぶ方向によって，また傾斜角が同心円によって表示されている．

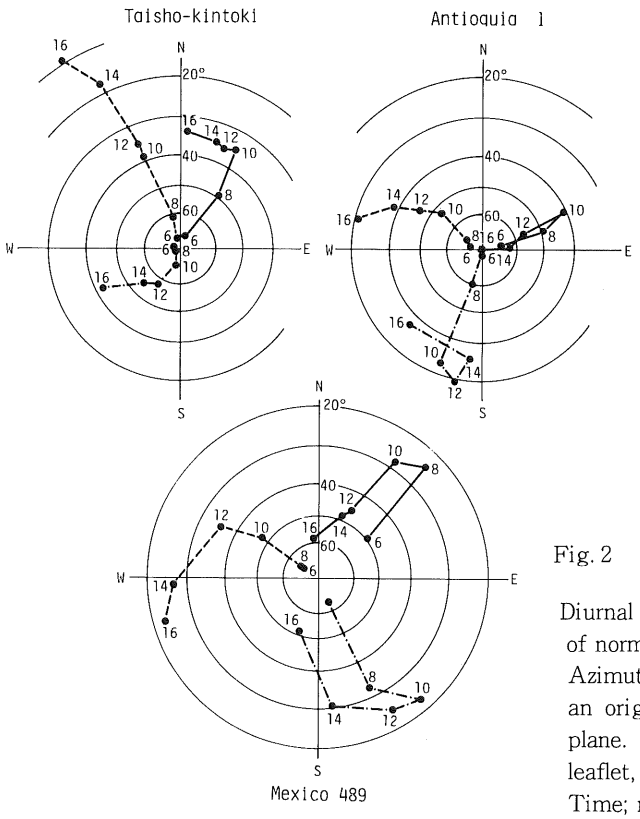

Fig. 2

Diurnal changes in the azimuth and altitude angle of normal on the leaflet surfaces.
Azimuth of normal; direction to each marker from an origin. Altitude angle; angle from horizontal plane. Normal on the leaflet surface; ——— left leaflet, — · — terminal leaflet, ---- right leaflet.
Time; no. near the respective markers.

各品種の葉面法線は，小葉の位置による制限を受けるが，太陽光の移動とともに東から西へ，方位を変えることが認められた．さらに左・右両小葉と頂小葉は，それぞれ北および南方向に傾斜し，たがいに向い合う運動を示した．

同図で明かなように，葉面法線の方位および傾斜角の時間的変化は，品種によって著しく異なることが認められる．とくに大正金時と Antioquia 1 は対照的で，大正金時は各小葉の葉軸に直角な方向へ傾斜したのに対し，Antioquia 1 は葉軸にほゞ平行な方向へ傾斜した．また，大正金時の傾斜角は，Antioquia 1 に比べ，左・右両小葉で大きく，頂小葉で小さかった．しかし，Mexico 489 が比較的大きな傾斜を示し，方位に関しても他の 2 品種と全く異なる傾向が認められた．

小葉の上下・ねじれ傾斜角および方位の時間的変化

各小葉の葉面法線を決定する要素の 1 つである，上下傾斜角の時間的変化を第 3 図に示した．3 小葉ともに太陽光が葉身の基部方向から入射する時刻にほゞ最大の傾斜を示している．また 16 時以降上下傾斜角が急激に減少することが認められ，この時期では，16 時頃から就眠運動の下垂現象が始まることを示している（坂村　1951）．従って，18 時の結果は，本実験で取り扱う運動とは別のものであり，繁雑さを避けるため，第 2 図には記載しなかった．

小葉によって傾斜傾向は異なるが，品種間の差異は，顕著であり，Antioquia 1 と Mexico 489 は，大正金時に比べ著しく大きい傾斜を示した．

第 4 図には，ねじれ傾斜角の時間的変化を示し，傾斜角度とともに葉面が向く方向も図中に記した．同図から明らかなように，太陽光の方位変化にともなって，頂小葉は西方向に傾斜している．また，左と右の小葉はともに北方向に傾斜し，大正金時の左小葉を除いて，概ね葉身基部の方向に太陽が存在するときに，最大の傾斜が認められた．

ねじれ傾斜もまた上下傾斜と同様，品種による差異が明らかであった．すなわち，頂小葉において同様の変化を示した Antioquia 1 と大正金時は，左・右両小葉で大正金時が Antioquia 1 より大

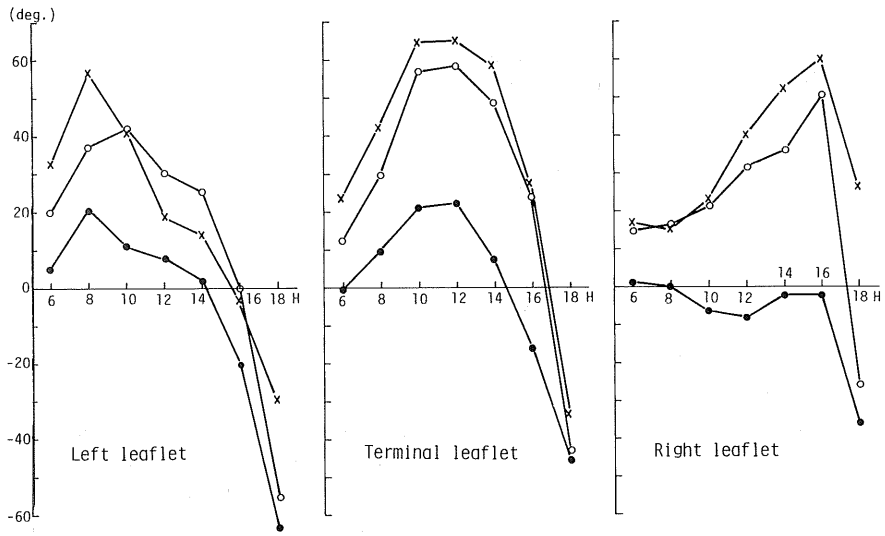

Fig. 3　Diurnal changes in the altitude angle of 3 leaflets in the first leaf.
● ; Taisho-kintoki,　○ ; Antioquia 1,　× ; Mexico 489.

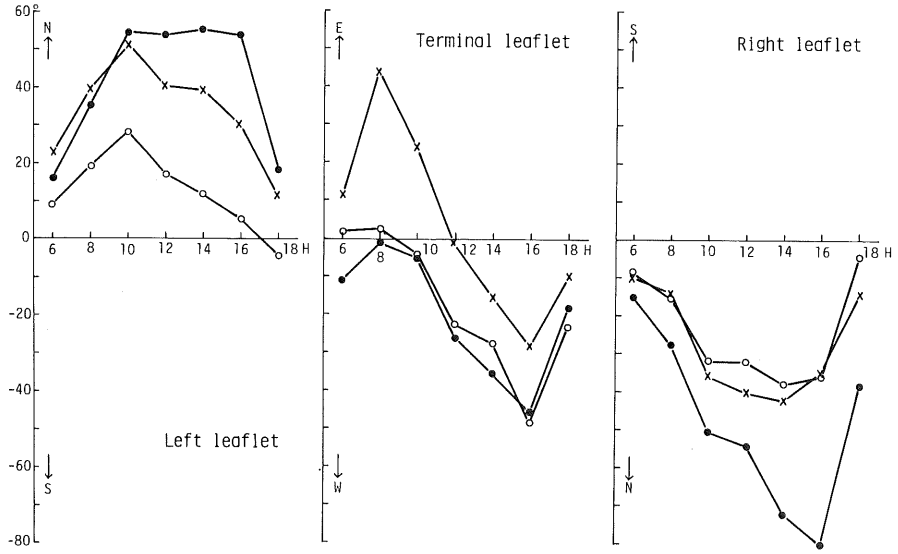

Fig. 4 Diurnal changes in the torsion angle of 3 leaflets in the first leaf. Symbols; see in Fig. 3.

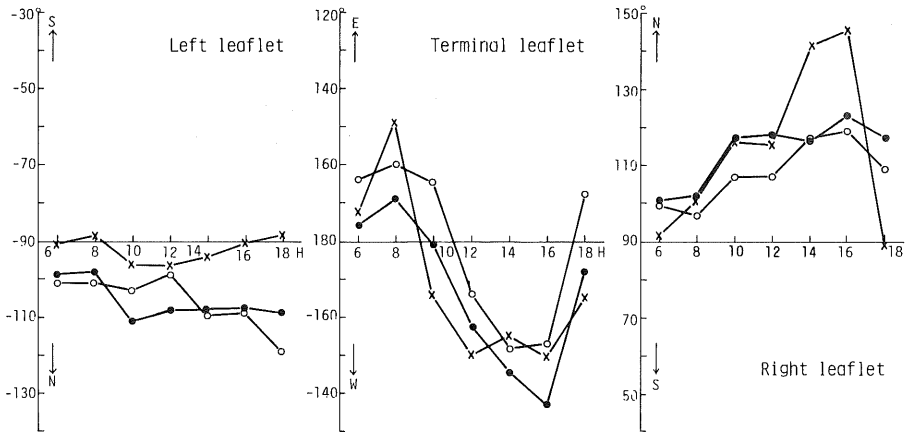

Fig. 5 Diurnal changes in the azimuth angle of 3 leaflets in the first leaf. Symbols; see in Fig. 3.

きな角度で終日推移し，第3図にみられるような上下傾斜の傾向とは，逆の結果を示した．しかし，Mexico 489は，頂小葉で東から西へ大きく変化し，また左小葉がAntioquia 1に比べ著しく大きいが，右小葉はほゞ同様に推移した．したがって，Mexico 489は，Antioquia 1および大正金時に比べ，複雑な運動特性を示すことが認められた．

方位角の時間的変化が，第5図に示されている．方位角は，葉身の先端の向く方向を示し，南を0°，東および西方向をそれぞれプラスとマイナスで表している．なお，角度とともに方位も図中に記した．同図によると，小葉によって大きな変化が認められる．しかし，品種による差異は明らかでなかった．

考　察

インゲンマメの葉における屈光運動は，品種によって著しく異なることが明らかとなった．すなわち，太陽光の刺激に対して，(1)葉軸に平行な方向に傾斜，すなわち「上下傾斜」を主体として反応する品種（Antioquia 1），(2)葉軸に直角な方向に傾斜，すなわち「ねじれ傾斜」を主体として反応する品種（大正金時），および(3)どちらにも属さず，「上下傾斜」を主とするが，小葉と太陽光との位置関係で，「ねじれ傾斜」によっても大きく反応する品種（Mexico 489），が認められた．

一般に植物の刺激運動は，その運動機作から，感受－興奮－伝達－反応と言った一連の刺激連鎖が成り立つ（坂村　1951）．インゲンマメの葉の運動も，本実験で明らかなように方向性をもった刺激運動である．3つの小葉を合せて考えると，(3)のMexico 489は，他の品種に比べ著しく複雑な運動性を示し，とくに頂小葉においては，刺激の方向に対して，きわめて敏感に反応した．このことから，屈光運動に関する品種による差異は，単純な機構上の差異，例えば感受性あるいは形態上の差異，によるものではなく，いくつかの要因が複合的に関与することが十分考えられる．しかし，どのような要因が関与しているのかは不明である．

第5図によると，方位に関しては，品種間の差異が認められなかった．インゲンマメの葉枕には，器官の上部と下部に背腹的構造が存在し（BOSE　1929, WEIDLICH　1930, de GROOT　1938），著者の観察によっても葉枕が水平方向へ屈曲することは，認められなかった．限れた条件下で行なわれた本実験に限定して考えると，この小葉運動は，上下傾斜およびねじれ傾斜によっておこり，方位の変化は，これらの二次的結果として表われるように思われる．

本実験において，頂小葉と左・右両小葉が互いに向い合う現象が認められた．また，川嶋（1969）も大豆で同様の現象を認めている．これは，複葉内の3小葉が光刺激に対して，それぞれ独立に反応するのではないことを示し，何かの内的要因がこの運動に関与するように思われる．しかし，その詳細について明らかにすることは，出来なかった．

以上のように，本実験は限られた材料と条件の下で行われたものであるが，インゲンマメの葉における光刺激に対する反応性の差異は，品種固有の特性と考えられる．さらにこの運動の遺伝的変異や反応機構の変異についても今後明らかにする必要があるものと思われる．

摘　要

インゲンマメの葉の屈光運動と品種による差異を検討した．3品種（Antioquia 1，大正金時およびMexico 489）を用い，頂小葉が真北を向くようにポットを固定した第1本葉の3小葉について，上下傾斜角（葉軸方向の水平面に対する角度），ねじれ傾斜角（葉軸に直角な方向の水平面に対する角度）および方位角を晴天日の早朝から夕方まで2時間おきに測定した．結果の概要は，次のとおりである．

1．3つの測定値に基づく葉面法線は，太陽光の移動にともなって，東から西方向へ方位を変えた．

2．この運動は，品種によって次のような特徴を示した．太陽光の刺激に対して，(1)「上下傾斜」

を主体として反応する品種(Antioquia 1), (2)「ねじれ傾斜」を主体として反応する品種(大正金時), および(3)「上下傾斜」を主とするが, 小葉と太陽の位置関係で「ねじれ傾斜」によっても大きく反応する品種 (Mexico 489).

引用文献

BONHOMME, R., C.V. GRANCHER and P. ARTIS. 1974. Use of solar radiation by a crop of *Vigna sinensis*. II. Net assimilation and increase of dry matter ; influence of phototropism on photosynthesis of cotyledonar leaves. Ann. Agron. **25** : 49-60.

BOSE, J.C. 1929. Growth and tropic movement of plants. London. : 坂村徹 1951. 植物生理学(下巻). 裳華房. 東京. P. 244 より引用.

BÜNNING, E. 1931. Über die autonomen tagesperiodisfhen Bewegungen der Primärblätter von *Phaseolus multiflorus*. Jb. Bot. **75** : 439.

DOLK, H.E. 1931. The movements of the leaves of the compass plant *Lactuca scariola*. Amer. J. Bot. **18** : 195-204.

GROOT, G.J. de. 1938. On the mechanism of periodic movements of variation. Rec. Trav. Bot. Nëerl. **35** : 758-833.

川嶋良一 1969. 大豆の葉の調位運動に関する研究. 第2報. 調位運動の基本型とその物質生産上の意義. 日作紀 **38** : 730−742

坂村徹 1951. 植物生理学 (下巻). 裳華房. 東京.

SHELL, G.S.G., A.R.G. LANG and P.J.M. SALE. 1974. Quantitative measures of leaf orientation and heliotropic response in sunflower, bean, pepper and cucumber. Agr. Meteorol. **13** : 25-37.

SHELL, G.S.G., and A.R.G. LANG. 1976. Movements of sunflower leaves over a 24-h period. Agr. Meteorol. **16** : 161-170.

WEIDLICH, H. von. 1930. Die Bewegungsmechanik der Variationsgelenke. Bot. Arch. **28**: 219-254.

YIN, H.C. 1938. Diaphototropic movement of the leaves of *Malva neglecta*. Amer. J. Bot. **25**: 1-6.