

露地リンドウの施肥改善のための研究 第1報 生育指数 (GI) と乾物重の関係

大竹真紀^{*1}・佐藤紀男^{*2}

A Study on Improving Fertilizer Application to Gentian in Open Field
I. The Relation between Growth Index (GI) and Dry Matter Weight

Maki OTAKE^{*1}, Norio SATO^{*2}

Abstract

In order to evaluate the gross volume of gentian and the amount of nitrogen absorption, we investigated correlation between Growth Index (GI) calculated by the established method for asparagus and dry matter weight. And we examined the validity of dry matter weight gotten by using regression analysis between GI and dry matter weight.

1. It was confirmed that there is high correlation between GI and dry matter weight, even though it was examined too under different conditions of growth stage, plant age and weather. This result suggests that GI is useful for evaluating gross volume of gentian.

2. The slope of regression line between GI and dry matter weight changed with especially growth stage and slightly plant age.

3. There is a problem of accuracy in dry matter weight predicted from GI by using the regression which was obtained in only two years, because annual change of formula to compute the correlation between GI and dry matter weight was observed.

4. The dry matter weight is calculated from GI in large area and ratio of GI to dry matter weight in narrow area was on the whole satisfactory for accuracy and efficiency. The number of plant sample can be decreased by using this method.

Key words : gentian, improvement of fertilizer application, dry matter weight, Growth Index

キーワード : リンドウ、施肥改善、乾物重、GI

1 はじめに

福島県のリンドウは、全国3位の産地を形成する主要品目であるが、担い手の高齢化や生産力の低下等により、生産額は伸び悩んでいる。そこで県は、リンドウの戦略的な生産拡大策として、県および民間による育成品種を「福島県花きオリジナル品種」に位置づけ、新たなブランドの確立を目指している。

これら育成品種における生産量や品質の向上を図る課題の一つは、施肥量の過不足を生じやすい生産現場の実状を改善することである。そのためには、リンドウの生育量を数値化して評価するとともに、生育時期別の窒素吸収量を算出して^{1) 3) 7)} 窒素吸収の実態にあった施肥法を提案する^{1) 3)} 必要がある。

本研究では、生育量の評価手法としてアスパラガスで有効性が確認されている生育指数 (Growth Index:GI)^{4) 8)} をリンドウに導入し、その有効性について検討した。

また、窒素吸収量は、乾物重と窒素含有率の積で求められるので、試験区毎に精度の高い窒素吸収量を算出するためには乾物重の誤差をできるだけ小さくする必要がある。一般的な手法では、乾物重の誤差を小さくするために多くの株を採取しなければならず、労力の確保と試験面積の確保が課題となる。この問題点を解消するため、乾物重とGIの相関関係を明らかにし、GIから乾物重を予測する手法の実用性について検討した。併せて、GIを補助量として乾物重との相関関係を求め、労力を軽減して一定水準以上の信頼性を確保した乾物重を算出する手法についての検討も行った。

2 試験方法

(1) 試験場所

本試験は、福島県農業総合センター会津地域研究所(会津坂下町、標高:186m)露地ほ場で実施した。本ほ場は水田からの転換畑であり、土壌は細粒灰色低地土に分類される。

(2) 供試品種

2004年11月8日に品種登録された県育成F₁品種「ふくしまみやび」を供試した。試験場所における開花期は8月上旬である。

(3) 耕種概要

福島県農業総合センター(郡山市)で播種生育たセル苗を、2007年6月11日および2008年5月29日に、

床幅70cm、通路70cm、株間20cm、条間30cm、2条で植え付け、定植4週間後にジベレリン100ppm水溶液を茎葉処理した。

施肥量 (kg/10a) は定植年にN:10、P₂O₅:15、K₂O:7.5を全面施用し、2年目以降は、4月上旬にN:10、8、6、およびP₂O₅:10、K₂O:10を床面施用して、ほかに無施肥区の4区を設けた。弱小茎の芽整理は3年目以降、側芽発生期生育調査後(5月中旬)に実施した。その他の管理作業は、県オリジナル普及品種リンドウ栽培の手引きに従った。

(4) 供試株

試験は1筆の水田転換畑を4区画に分けた2区画で行い、定植年ごとに1区画(58m²)を4×3方格に区切った。2009年と2010年の2カ年、生育時期および株齢ごとに各区(34株/区)から2株を抽出して24株ずつ採取し、供試株とした。

(5) 生育調査及び調査時期

生育調査は、次の時期に供試株の地上部を地際より採取してから、すべての茎の草丈、花段数、側枝数および茎径を測定した。茎径は、地際より3cmの高さで長径を測定した。

生育時期(調査月日):側芽発生期(2009年:2年生株5月8日、3年生株5月12~14日、2010年:3年生株5月11、12日、4年生株5月12~14日)、着蕾期(2009年:2年生株6月22~24日、3年生株6月28、29日、7月2日、2010年:3年生株6月21、22日、4年生株6月25、28日)、開花期(最大生育期:株の全茎の頂花が満開状態)(2009年:2年生株8月25~27日、3年生株9月7~9日、2010年:3年生株8月27、30、31日、4年生株8月24、25日)

各株の生育状態を評価するため、アスパラガスでは一般的に下記により算出する茎葉生育指数を用いている^{4) 8)}。

生育指数 (GI) = 平均茎長cm × 平均茎径cm × 単位当たり茎数

これを参考に、本報告では、

生育指数 (GI) = 平均草丈cm × 平均茎径cm × 株当たり茎数

の数式により生育指数 (GI) を算出した。

(6) 乾物重の調査

生育調査した供試株は、株ごとに新聞紙に広げて風乾後、はさみで裁断して紙袋に入れ、80℃の通風乾燥機で3日程度乾燥し、乾物重を測定した。

3 試験結果及び考察

(1) 気象条件

本試験を実施した2カ年の半旬別日平均気温の推移を比べてみると、2010年は夏期高温年となり、2009年とは大きく異なる気象経過を示した。

2009年は4月の気温が不安定であったものの5月中旬以降8月中旬まではほぼ準平年値並に推移した。

一方、2010年は4～5月にかなり低温の状態が続いたが、7月中旬以降は準平年値より2℃以上高い気温で推移した(図1)。

(2) 生育状況

「ふくしまみやび」の品種特性は、生育旺盛で生育の揃いがきわめて良好であり、草丈は、100cm前後とやや小柄だが、花段数が多くボリューム感があり、茎立ち本数は多いことなどがあげられている⁵⁾。本試験ほ場の生育は、2007年、2008年定植ともに、草丈、花段数、茎数などでこの品種特性が現れており、福島県青果物標準出荷規格の適合対象となる茎立ち本数も多く、生育は比較的良好であった(表1)。

リンドウの生育適温は20℃前後とされており、一般に夏期冷涼な地域が適する。2010年は高温の影響が懸念されたが、3年生株の開花盛期は8月13日で前年比6日遅れたものの、品質の低下は特になかった。

(3) 生育指数 (GI) と乾物重の関係

A 生育指数 (GI) の有効性

供試株のGIと乾物重の関係を調査した結果、生育時期、株齢、試験年次の違いにかかわらず、GIと乾物重には0.1%水準で有意な正の相関関係が認められた(表3)。このことから、リンドウのGIは、アスパラガス同様、株当たりの生育量を示す指標として有効であると考えられる。GIは、リンドウで一般的に測定されている草丈や茎数などの立毛調査から算出可能である。標本を採取しなくても、生育の状態を数値で把握できるため、同一株の生育量をステージにあわせて確認できる利点がある。

B 生育時期による変動

生育時期別に調査したGIと乾物重の回帰式の傾きは、側芽発生期<着蕾期<開花期となり、生育が進むほど大きな値となった(表2、3、図2、3、4、5)。

この要因の一つとして、生育時期が早いほど植物体中の水分含有率が高いことが考えられる。また、側芽発生期では茎葉の発達が未熟であり、着蕾期に到達するにしたがって茎葉が充実し生育が揃ってくることも

要因の一つと考えられる。開花期では茎葉の充実に加えて花蕾も発達するため、回帰式の傾きはさらに大きくなるものと推察される。

C 株齢による変動

2年生株は3年生株になると、GIと乾物重が大きく増加し、回帰式の傾きは小さくなった(表2、3、図2、4)。3年生株と4年生株を比べると側芽発生期と着蕾期の回帰式の傾きは大きく差なかったが、開花期の回帰式の傾きは4年生株がやや小さかった(表3、図3、5)。

GIが異なる要因の一つとして、茎数の違いがあげられる。宿根草であるリンドウは、発芽後えき芽を形成しながら成長し、えき芽は花茎となる芽と陰芽を形成する。さらに、陰芽が花茎をつくる副塊茎に発達するまで1年以上かかる⁶⁾。このため、株齢がすすむほど総茎立数が多くなった(表1)。

また、新根は副塊茎として発達し始めた塊茎から一斉に発生する⁶⁾。2年生株は新根量が少なく草丈や茎径が小さかったことも含めて、GIが小さかった。一方で、2年生株では側枝が多く発生しており(表1)、これが乾物重に反映して着蕾期以降の回帰式の傾きを大きくしたと推察される。

3、4年生株では総茎立数が増加するが、栽培上は弱小茎の芽を整理し、茎数を制限して出荷対象となる花茎の充実を図る。4年生株で開花期の回帰式の傾きがやや小さくなっているのは、乾物重への関与が少ない芽整理後の弱小茎がGIを大きくしていることや花段数が減少した(表1)結果と考えられる。

(4) 乾物重の推定

A 試験年次による変動

3年生株の回帰式について、2009年と2010年の比較を行った。生育指数 (GI) および乾物重の平均値は2009年>2010年であった(表2)。回帰式の傾きの年次変動は、側芽発生期と着蕾期では小さかったが、開花期ではやや大きかった(表3、図3、4)。

開花期における回帰式の傾きが異なった理由として、2010年は出荷規格に適合する茎数が少なくGIは小さかったが、花段数や側枝数が多かったために乾物重を比較的大きくしたことが反映したと考えられる(表1)。

B 回帰式の適用性

GIと乾物重の回帰式には、年次変動が認められた(表3)。

2年間で得られた回帰式を利用してGIから乾物重を予測すると、年次によっては誤差が大きくなることが考えられる。

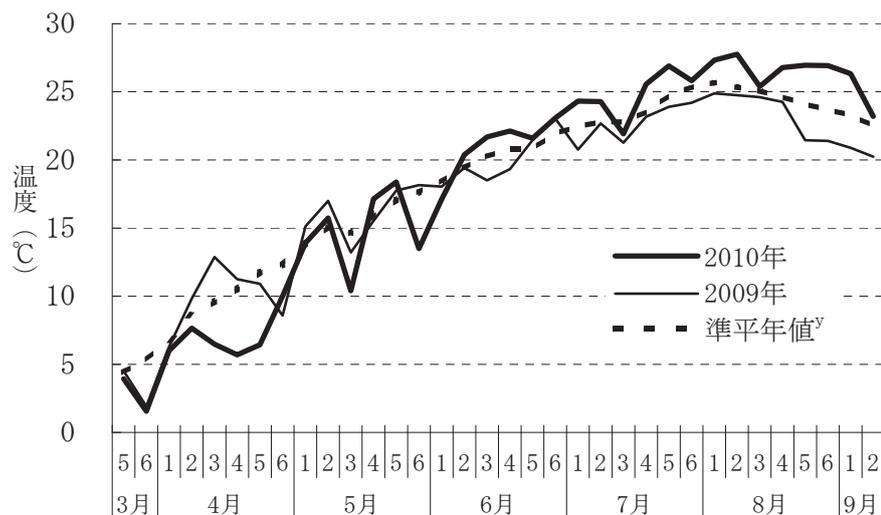
図1 萌芽期から開花期までの半月別日平均気温²の推移²会津地域研究所観測値 ³1991～2010年平均値

表1 開花期（最大生育期）における2、3、4年生株の生育

| 試験年次 | 株齢 | 草丈65cm以上、花段3段以上 ^{2, 3} | | | | | 総茎立数 ² (本/株) |
|-------|------|---------------------------------|------------|------------|------------|-------------|----------------------------|
| | | 草丈 (cm) | 花段数 (段) | 側枝数 (本) | 茎径 (mm) | 茎数 (本/株) | |
| 2009年 | 2年生株 | 80.0 b | 5.3 ab | 6.2 a | 5.5 b | 8.5 c | 14.9 c |
| | 3年生株 | 101.6 a | 5.0 b | 1.1 c | 6.1 a | 19.9 a | 36.3 b |
| 2010年 | 3年生株 | 102.9 a | 5.6 a | 3.1 b | 5.8 ab | 14.8 b | 39.1 ab |
| | 4年生株 | 100.6 a | 4.4 c | 1.7 c | 6.0 a | 16.3 ab | 45.9 a |

²Tukeyの多重比較法により異符号間に5%水準で有意差あり（供試株数n=24）³福島県青果物出荷標準規格適合ライン

表2 リンドウの時期別生育指数と乾物重の変動係数

| 試験年次 | 株齢 | 調査時期 | 生育指数 ^{2, 3} (GI) | | 乾物重 ² (g) | |
|-------|------|-------|---------------------------|------|----------------------|------|
| | | | 平均 | 変動係数 | 平均 | 変動係数 |
| 2009年 | 2年生株 | 側芽発生期 | 161 | 0.34 | 18 | 0.35 |
| | | 着蕾期 | 421 | 0.27 | 74 | 0.28 |
| | | 開花期 | 476 | 0.28 | 127 | 0.27 |
| | 3年生株 | 側芽発生期 | 741 | 0.30 | 58 | 0.25 |
| | | 着蕾期 | 1182 | 0.27 | 127 | 0.31 |
| | | 開花期 | 1524 | 0.33 | 233 | 0.39 |
| 2010年 | 3年生株 | 側芽発生期 | 471 | 0.40 | 31 | 0.38 |
| | | 着蕾期 | 844 | 0.30 | 88 | 0.34 |
| | | 開花期 | 1210 | 0.36 | 196 | 0.43 |
| | 4年生株 | 側芽発生期 | 605 | 0.45 | 43 | 0.38 |
| | | 着蕾期 | 1182 | 0.27 | 117 | 0.36 |
| | | 開花期 | 1477 | 0.33 | 194 | 0.39 |

²全茎調査（供試株数n=24株）³生育指数 (GI) = 平均草丈cm × 平均茎径cm × 株当茎数

表3 生育指数 (GI) と乾物重の関係

| 試験年次 | 株齢 | 調査時期 | 最小2乗法による計算式 | | 原点通過による計算式 | |
|-------|------|-------|--------------------|------------|-------------|------------|
| | | | 回帰式 | 相関係数 r | 回帰式 | 相関係数 r |
| 2009年 | 2年生株 | 側芽発生期 | $y=0.1118x+0.4464$ | 0.9615 *** | $y=0.1143x$ | 0.9612 *** |
| | | 着蕾期 | $y=0.1765x-0.1812$ | 0.9547 *** | $y=0.1761x$ | 0.9547 *** |
| | | 開花期 | $y=0.2165x+24.161$ | 0.8656 *** | $y=0.2636x$ | 0.8432 *** |
| | 3年生株 | 側芽発生期 | $y=0.0609x+13.055$ | 0.9188 *** | $y=0.0771x$ | 0.8826 *** |
| | | 着蕾期 | $y=0.1021x+5.8307$ | 0.8360 *** | $y=0.1067x$ | 0.8351 *** |
| | | 開花期 | $y=0.174x-31.99$ | 0.9545 *** | $y=0.155x$ | 0.9482 *** |
| 2010年 | 3年生株 | 側芽発生期 | $y=0.0603x+2.6231$ | 0.9669 *** | $y=0.0652x$ | 0.9633 *** |
| | | 着蕾期 | $y=0.1089x-4.0891$ | 0.9265 *** | $y=0.1044x$ | 0.9256 *** |
| | | 開花期 | $y=0.1851x-27.809$ | 0.9663 *** | $y=0.1647x$ | 0.9596 *** |
| | 4年生株 | 側芽発生期 | $y=0.0585x+7.6498$ | 0.9806 *** | $y=0.069x$ | 0.9613 *** |
| | | 着蕾期 | $y=0.1209x-25.785$ | 0.9062 *** | $y=0.1005x$ | 0.8923 *** |
| | | 開花期 | $y=0.149x-26.021$ | 0.9510 *** | $y=0.1331x$ | 0.9449 *** |

相関係数(r)の有意性検定: ***0.1%水準有意 (供試株数 $n=24$)

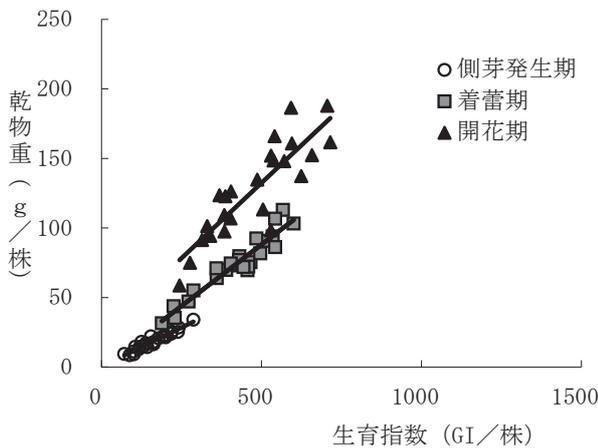


図2 リンドウ2年生株の時期別生育指数と乾物重 (2009年)

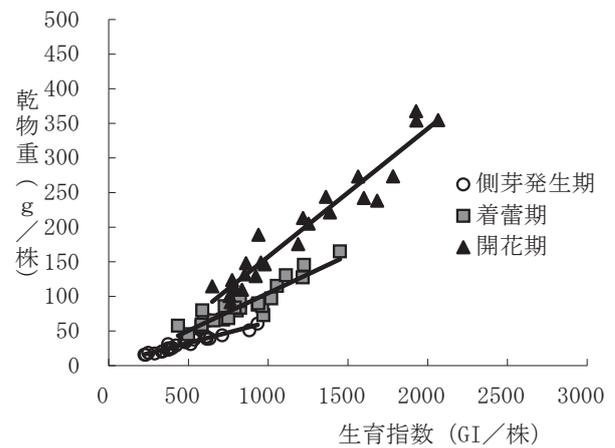


図4 リンドウ3年生株の時期別生育指数と乾物重 (2010年)

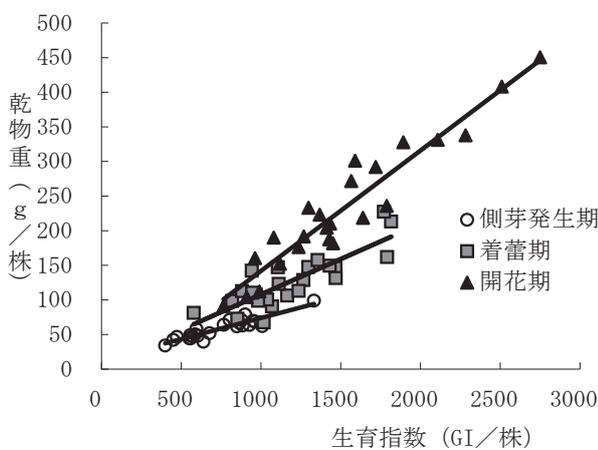


図3 リンドウ3年生株の時期別生育指数と乾物重 (2009年)

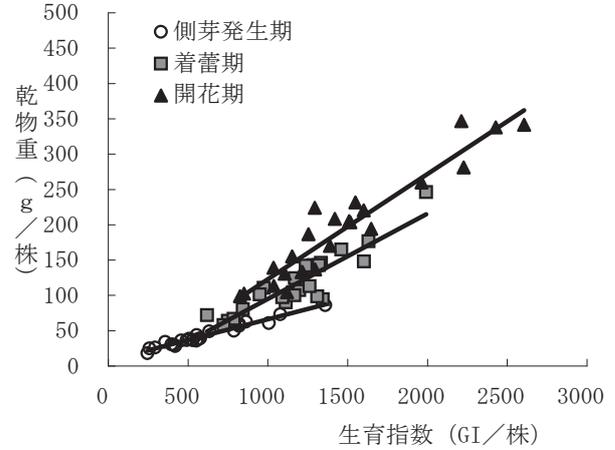


図5 リンドウ4年生株の時期別生育指数と乾物重 (2010年)

また、株齢や試験年次により回帰式の傾きが異なった要因として、花段数や側枝数の乾物重への関与が認

められることから、品種特性の違いによっても回帰式の傾きが異なると推察される。

したがって、リンドウにおいて回帰推定法を適用するためには、品種ごとにデータを積み重ねて検証する必要がある。

(5) 生育指数 (GI) を補助量とした乾物重の算出法

水稻では、乾物重を効率的に調査するために標本調査が提案されており、楠田²⁾は、精度についての統計的検証を行っている。その結果、乾物重調査に生体重を補助量とする重複抽出による比推定法を適用すると調査の効率化に有効であるとの判断を下している。ここで、比推定法は、補助量と目的変量の高い正の相関があり、目的変量の補助量に対する回帰直線が原点を通る場合には、回帰推定法と同じ精度が達成されるとしている。

本研究では、各区から2株を抽出した標本のGIと乾物重の間には高い相関関係が認められた。さらに、GIと乾物重の相関から得られた最小2乗法による回帰式を原点を通る場合と比較したところ、相関係数(r)の差は小さく、高い正の相関が認められた(表3)。

これらのことから、GIは補助量として有効であり、比推定法においても計算や集計が複雑な回帰推定法と同じ精度が確保できると考えられた。

また、乾物重は、株を採取しないとデータを利用することができないので、楠田²⁾を参考に、標本調査の枠組みの中に補助量調査を組み込んで推定の効果をあげる重複抽出法を比推定法と組み合わせた。

リンドウにおいて、重複抽出による比推定法で乾物重を推定する手法は以下のとおりである。まず、試験区から1次標本(生育調査供試株)n'株を抽出して、補助量(GIの平均値)を測定する。次に、2次標本(乾物重調査株)n株を抽出して乾物重と補助量GIを測定し、次式によって試験区の株当たりの乾物重を推定する。

乾物重 = 2次標本の乾物重 / 2次標本の生育指数 (GI) × 1次標本の生育指数 (GI)

今後は、この方法で算出した乾物重から求めた養分吸収量の特徴と生育の関係について明らかにしたい。

4 まとめ

リンドウの全体的な生育量の評価を行い窒素吸収量を算出するため、アスパラガスの手法に従い生育指数(GI)を算出し、乾物重との相関関係を検討した。また、GIを補助量として乾物重を求める、統計的手法の有効性についても検討した。

結果の概要は以下のとおりである。

- (1) 生育時期、株齢、試験年次の違いにかかわらず、GIと乾物重との間に高い正の相関関係が認められた。このことから、GIはリンドウの株当たりの生育量を示す指標として有効であると考えられる。
- (2) 回帰式の傾きは、生育時期や株齢によって異なり、特に生育時期の違いによる変動が大きかった。
- (3) GIと乾物重の回帰式に年次変動が認められた。2年間で得られた回帰式を使ってGIから乾物重を予測する手法には精度上問題があると考えられる。
- (4) GIを補助量とした重複抽出による比推定法を用いることにより、精度を確保しつつ、採取する株数を制限して、効率的に乾物重を算出することができると推察される。

謝 辞

本研究のとりまとめにあたり、ご校閲をいただいた会津地域研究所専門研究員 増子俊明氏に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 岩手農研セ.2006.りンドウの露地栽培における養分吸収の実態と窒素施肥法.平成17年度試験研究成果書
- 2) 楠田幸.1993.水稻圃場試験調査法の改善のための基礎研究.日本作物学会紀事62(1):33-40.
- 3) 高濱雅幹・藤倉潤治・藤田寿雄・高宮泰宏・堀田治邦・加藤俊介・桃野寛・兼平修・田丸誠.2006.リンドウの育苗法と施肥法の改善, および半促成作型の導入効果.北海道立農試集報90:71-75.
- 4) 多賀辰義.1989.アスパラガス畑の肥培管理の合理化に関する研究.北海道農試報.71: 1-67.
- 5) 遠山芳弘・遠藤亮子.2001.平成13年度福島県農業試験場試験成績概要:63-64.
- 6) 長野県.1993.花き栽培指標:69-91.
- 7) 福島農試.1991.平成2年度花き試験成績概要集 :178-179.
- 8) 前田智雄.2005.アスパラガス一代雑種の効率的採種法及び生理活性機能向上に関する基礎的研究.北海道大学大学院農学研究科邦文紀要第24巻2号:278-279.