

論文の内容の要旨

ブロッコリーの側枝形成機構の解明と2花蕾どり作型の開発

(Elucidation of lateral shoot formation and development of the two heads harvesting system in broccoli)

高橋 徳

堅調な需要を背景に、ブロッコリー (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) の国内の作付面積は直近の10年間(2008~2018年)で21.3%増加している。一方で、国内で消費されるブロッコリーのうち、外国産ブロッコリーの割合は31.3%(2008年)から36.5%(2018年)と増加しており、需要の増加に対して国内生産が追いついていない。したがって、国産ブロッコリーのさらなる増産が求められていると同時に、端境期の解消による周年的な安定生産が重要である。日本で市場流通しているブロッコリーは頂芽由来の花芽の集合体(頂花蕾)であるため、通常1株から1個しか収穫することができない。頂花蕾の他に側枝由来の花蕾(側花蕾)も発生するが、頂花蕾ほどには肥大せず、市場出荷規格を満たすことが難しいため、国内で市場出荷用に生産・利用されることは少ない。しかし、側花蕾を市場出荷可能な大きさまで肥大させることができれば、ブロッコリー生産量を飛躍的に高めることが可能であると考えられる。そこで、本研究では、ブロッコリーの側枝を利用し、1株から2個の花蕾収穫を可能にする栽培技術開発を目的とし、ブロッコリーの側枝に関する基礎的知見の解明及び2花蕾どり収穫技術の確立を行った。

ブロッコリーの分枝特性は品種によって大きく異なっており、頂花蕾が大きい品種ほど側枝発生が少ない、もしくは発達が弱いということが経験的に知られているが、実際にどの程度の品種間差があるか、ブロッコリーの側枝の有無が主枝にどのような影響を与えるかは詳しく知られていない。第1章では、主枝と側枝の競合関係を明らかにするために、分枝特性の異なる6品種(‘まどか’、‘グランドーム’、‘夢ひびき’、‘ピクセル’、‘スピードドーム’、‘緑嶺’)の地上部に占める各部位の比率と、そのうち安定的な側枝発生がみられた4品種で側枝を除去した場合の主枝の各部位の比率の変化を調査した。また、1個体当たりの側枝の新鮮重(側枝重)を3つの構成要素(1個体当たりの節数NN、1つの節に腋芽が発生する確率PA、側枝1本当たりの新鮮重FB)に分解し、品種の分枝特性を決定する要因について調査した。その結果、側枝重が大きい品種ほど頂花蕾の新鮮重(頂花蕾重)が小さい傾向にあり、側枝重は、大きい順に①‘緑嶺’、②‘ピクセル’と‘スピードドーム’、③‘夢ひびき’、④‘まどか’と‘グランドーム’の4つの水準に有意に分かれた。これらの頂花蕾重は主茎葉面積と正の相関を示す一方、側枝葉面積とは負の相関を示した。続いて、側枝を除去しながら生育させたところ、地上部重は有意に変動しない一方で、側枝発生が旺盛であった品種では主茎葉重や頂花蕾重の有意な増加がみられた。これらの結果から、主枝と側枝は同化産物分配において競合的關係にあると結論付けた。また、ブロッコリーの側枝重の構成要素のうち、PAは品種間で変動が大きく、PAの品種間の有意差は側枝重の4水準と一致した。その一方

で、NN と FB は変動が小さかったことから、側枝重品種間差を生じる主要因は PA である可能性が示唆された。さらに、一般化線型モデル (GLM) によって頂花蕾重と頂花蕾茎部の直径について解析したところ、頂花蕾重は頂花蕾茎部の直径の二乗と非常に高い相関 ($R^2 = 0.95$) があることが示された。

植物の腋芽形成には、腋芽の発生及び伸長の 2 つの段階が存在している。第 1 章でみられたブロッコリーの分枝特性の品種間差は腋芽の発生もしくは伸長に起因すると考えられる。そこで、第 2 章では、腋芽の初期形成過程の観察から、分枝特性の品種間差が生じる原因の解明と腋芽発生がおこるステージの特定を目的とし、腋芽が多い品種として‘緑嶺’、‘ドシコ’、腋芽が少ない品種として‘夢ひびき’、腋芽がない品種として‘まどか’を供試し、P1~6 ステージの葉原基葉腋部の形態観察を行った。その結果、‘緑嶺’と‘ドシコ’では P4 ステージから P5 ステージにかけて腋芽発生が始まる様子が観察されたが、‘夢ひびき’では P5 ステージまでに腋芽発生はみられず、P6 ステージになると一部の個体に腋芽が観察された。‘まどか’ではステージに関わらず腋芽の発生がみられなかった。したがって、ブロッコリーでは P4~6 ステージという限られたステージで腋芽発生の有無が決定づけられており、腋芽の発生が少ない品種では腋芽発生ステージが遅れる可能性があるとともに、分枝特性の品種間差は腋芽の伸長ではなく主に発生に依存していると結論付けた。また、‘夢ひびき’では葉位によって腋芽の発生確率が異なっており、第 4 葉に腋芽が発生していた個体は全体の 30~50%であったが、第 5、6 葉では 80%以上の個体で腋芽が発生していた。

冬まき春どり栽培 (1~2 月定植, 4~5 月収穫) では、栽培初期の低温が厳しく、育苗時のハウス内加温や、圃場でマルチやトンネル等の被覆資材を使用する必要があるため、栽培コストが高くなる。そのため、4~5 月期はブロッコリーの生産量が減少する端境期の 1 つであり、増収技術の期待が高い。第 3 章では、比較的大きな側花蕾をつける品種‘夢ひびき’を用い、側枝数を 1~2 本に制限する「L 字仕立て」によって、4~5 月期に、直径 12cm の頂花蕾を収穫後、直径 10cm の側花蕾収穫を可能にする栽培技術の確立を目的とした。その結果、4 月から 5 月にかけて、最大で、側花蕾の収穫個数は頂花蕾収穫個数の約 80%増加することが明らかとなった。また、定植から側花蕾収穫までに必要な有効積算温度は約 900~1,000°C・日程度と推定された。さらに、可販品質の側花蕾をつけた側枝は、不可販品質の側花蕾をつけた側枝と比較して、茎径、茎長、葉数、葉面積が有意に高い一方で、L 字仕立て実施時の側花蕾径に有意差はなかった。

第 3 章では、頂花蕾のみを収穫する慣行的な栽培方法に対して L 字仕立てによる増収効果を解明したが、側花蕾の肥大性が強い品種である‘夢ひびき’は、L 字仕立てを施さなくても側花蕾が 10cm 径に達する場合があるため、L 字仕立ての有効性を主張するためには、L 字仕立て処理を施す場合と施さない場合での側花蕾を含めた収量を比較する必要がある。そこで第 4 章では、‘夢ひびき’を供試し、L 字仕立て無処理区と処理区で側花蕾を含めた収量を比較した。また、‘夢ひびき’以外の品種での L 字仕立ての適用性を解明するために、‘お

はよう’, ‘ピクセル’, ‘スピードドーム’, ‘緑嶺’, ‘マグナム’, ‘ファイター’の6品種を供試し, L字仕立て栽培時の収量を調査した. その結果, ‘夢ひびき’のL字仕立て無処理区では, 頂花蕾に加え, 定植個体数に対して2倍以上の個数の10cm径側花蕾が収穫できたが, その多くは, 別の側枝の葉との接触または遮光によって変形や着色むらが生じ, 可販品質側花蕾数はL字仕立て処理区と比較して少なかった. 可販品質側花蕾を含めた総収量は, L字仕立て無処理区では1,311kg/10aに留まった一方, 処理区では1,716kg/10aになったことから, L字仕立ての有効性が示された. また, ‘夢ひびき’以外の6品種では‘ファイター’が総収量で1,738kg/10aに達し, ‘夢ひびき’と同水準になったことから, L字仕立て栽培が効果的な品種は限られるものの, ‘夢ひびき’以外にも適用できる品種は存在すると考えられた.

L字仕立て栽培によって得られる10cm径花蕾は, 国内生産量が少ない4~5月端境期であれば一定の価値が認められるが, 国内生産量が潤沢な秋冬作期では, 2花蕾目も12cm径であることが望ましい. そこで第5章では, 秋冬作期での12cm径の2花蕾どり実現のため, 品種‘夢ひびき’を用いて, 摘心及び側枝2本に仕立てる「V字仕立て」栽培技術の確立を目的とした. まず, V字仕立てをする適切な時期を推定するために, ‘夢ひびき’の各節の葉腋毎に腋芽が発生する確率 PA_n を調査した. その結果, PA_n は第5葉位から第8葉位にかけて80%前後と高かった. 続いて, 第3, 5, 7, 9, 11, 13, 15葉齢で摘心を行ったところ, 第7~11葉齢で摘心を行った区では, 可販品質の12cm径花蕾の収穫個数が慣行栽培より60%程度増加することが明らかとなった. V字仕立てによって収穫期は遅れる傾向があり, 慣行栽培より約 $300^{\circ}\text{C}\cdot\text{日}$ だけ多くの有効積算温度が必要であった.

本研究では, ブロッコリーの側枝は主枝と競合関係にあり, 分枝特性の品種間差は主に腋芽の発生確率に基づいていることが示された. 品種‘夢ひびき’は, 主枝と競合する側枝の本数が少ないため, 側枝を有する品種の中では頂花蕾が大きいとともに, 同化産物が少数の側枝に集中することから, 側花蕾もまた肥大性が強く, 2花蕾どりに適している品種であると考えられた. その‘夢ひびき’を用いて, 4~5月端境期に10cm径花蕾の収穫個数が約80%増加するL字仕立て2花蕾どり栽培, 秋冬作期に12cm径花蕾の収穫個数が約60%増加するV字仕立て2花蕾どり栽培を確立し, 新作型として提唱した. 今後, 実用化のためには, L字仕立て, V字仕立てに伴う作業労働時間も含めた経営試算や, 生産者による現地実証試験が必要であるが, 本研究で得られた知見と確立された栽培技術は, 国内需要の高いブロッコリーの増収を可能にするものとして期待される.