

三陸沿岸におけるミニカリフラワーの作型と 収穫期の年々変動

岡田益己^{*,†}・松嶋卯月^{*}・加藤一幾^{*,**}

(* 岩手大学農学部 〒020-8550 盛岡市上田3-18-8
** 現在の所属: 東北大学大学院農学研究科 〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉468-1)

Interannual variation in the harvest time of mini cauliflower in the Sanriku coastal region

Masumi OKADA^{*,†}, Uzuki MATSUSHIMA^{*} and Kazuhisa KATO^{*,**}

(* Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-3 Ueda, Morioka, Iwate, 020-8550, Japan
** Present address: Graduate School of Agricultural Science, Tohoku University,
468-1 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai 980-0845, Japan)

Abstract

The Sanriku coastal region of Tohoku, Japan, is characterized by large interannual weather fluctuations, which is an important consideration when scheduling crop cultivation. Therefore, we developed a temperature summation model to predict harvesting time for mini cauliflower (*Brassica oleracea* var. *botrytis*). The model parameters were determined from the data obtained during field experiments, and the model was designed using 30-year air temperature records from the AMEDAS observatories. The results indicated that interannual variation at the time of harvest was less when the cauliflower seedlings were transplanted from mid-April through August, but it increased when seedlings were transplanted after September, with the time of harvest often being delayed to mid-winter or later, resulting in severe cold damage to the crop. Based on these results, we concluded that outdoor-cultivated mini cauliflower seedlings should be transplanted before early September in the northern coast and mid-September in the southern coast to ensure harvesting before winter. The effects of greenhouse cover were also evaluated, assuming that the air temperature inside the greenhouse was 2°C–4°C higher than that of outdoors, which showed that greenhouse cultivation decreased the variation in the time of harvest, allowing the time of transplanting to be extended by 2–3 weeks.

Key words: Mini cauliflower, Harvesting time, Temperature summation, Model, Sanriku coast

キーワード: ミニカリフラワー, 収穫期, 積算温度, モデル, 三陸沿岸

1. はじめに

東日本大震災による大津波は、岩手、宮城、福島 の 3 県を中心に、約 24,000 ha の農地を流失、冠水させるという被害をもたらした (農林水産省, 2011)。震災後の復興に向けて様々な施策や支援が投じられているが、地域の特質や個性に適した対策が求められる。比較的平坦な水田・畑作地帯が津波や原発事故で被災した宮城県や福島県に対して、岩手県の三陸沿岸では、散在する小規模な農地が多く被害を受けた。元々この地域では水産業が盛んで、農業は補完的な産業ではあるが、家計を複数業種で支える特徴があり、小規模な農作物の生産でもそれを欠く影響は無視できない。このため小規模な経営に適した園芸作による復興が模索されている。三陸沿岸は夏が冷涼で冬が比較的暖かいため、夏の暑さを嫌う園芸作物に適している。一方、内陸を走る幹線道路から遠く物流上不利なため、地域の個性を活かせる品目の選択が必要である。

筆者らはそのような品目の一つとして超早どりのミニカ

リフラワーに着目した。近年、花蕾径が 12 ~ 15 cm で収穫する早どり系品種が市販されているが、核家族化が進む現状ではさらに小さいサイズへのニーズも高まっている。より小さいサイズ (4 ~ 8 cm) で超早どり収穫すると食感・食味が向上すること (加藤ら, 2018)、冬の栽培では寒締め効果によって糖度が上昇すること (加藤・小沢, 1996)、さらに市場に品質の良いカリフラワーがほとんど出回らない夏にも、小サイズであれば同地域から出荷できることなど、品質面で付加価値を高められるという大きなメリットがある。

三陸沿岸は夏の涼しさが特長であるが、やませや海風の影響を受けやすく (菅野, 1993)、気温の年々変動が国内で最も大きい地域の一つでもある (岡田, 1995)。このため新しい品目を普及するには、単なる作型の提示ではなく、作期ごとの収穫期の変動をあらかじめ見積もることが重要である。本研究では、三陸沿岸における作期移動試験のデータを用いて、ミニカリフラワーの収穫期を予測する有効積算気温のモデルを開発し、モデルとアメダス気温データを用いて収穫期の年々変動を試算した。有効積算気温や積算気温は古くから作物の収穫期や生育ステージの予測に使われてきた (例えば, Madariaga and Knott, 1951, 羽生・

2019年11月19日 受付, 2020年2月10日 受理

[†]Corresponding author: mok@iwate-u.ac.jp

DOI: 10.2480/cib.J-20-059

内島, 1962)。またメッシュ気候値と組み合わせる地域に適した作型の提案にも利用されている (例えば, 吉本・原菌, 1993)。近年, 気候変動が拡大していることから, 本研究では年々の変動も考慮した作型の提案を試みる。

2. 材料および方法

早どり系カリフラワーの2品種(‘オレンジ美星’と‘美星’, サカタのタネ)を128セルトレイに播種し, 岩手大学内の無加温ハウスで4~6週間育苗した。本葉が約2枚展開したときに, 陸前高田市に設けた試験圃場内の幅90cmのベッドに条間30cm×株間30cmで移植した。1作期の栽植数は, 1品種当たり54~60個体であった。ベッドには白黒マルチの白面を表にして被覆した。2014年に5作期(移植日:6月9日, 7月3日, 8月21日, 9月11日, 9月25日), 2015年に4作期(移植日:7月9日, 8月21日, 9月14日, 10月13日)の移動試験を行った。施肥には肥効調節型肥料(エコロング70, ジェイカムアグリ(株))を用い, 1個体当たり窒素成分で2.1gを与えた。温暖期(6, 7月の移植)は防虫と高温対策を兼ねて防風網(ダイオネット #130, ダイオ化成(株))または防虫ネット(サンシャインソフト N2900, ダイオ化成(株)), 寒冷紗(T300, タキイ種苗(株))などをトンネル状に被覆し, 寒冷期は割織維不織布(ベタロン DT-650, ダイオ化成(株))または寒冷紗を被覆した。1週間に一度, 花蕾の大きさと収穫個数を調査した。直径6~8cmの花蕾をミニカリフラワーの収穫サイズとし, その数が最も多かった日を収穫盛期とした。圃場内では, 温湿度センサー(CS215, Campbell社)を自然通風型放射よけ(41303-5A, Campbell社)に収納し, データロガー(CR1000, Campbell社)を用いて1分間隔で屋外の気温を測定し, 日平均値を記録した。

カリフラワーの花芽は日長条件に関わらず低温により誘導される(藤目, 1983)が, 極早生品種では25℃の高温条件でも花芽が形成される(藤目, 1983; 加藤, 1964)。実際, 三陸沿岸や内陸の盛岡における栽培で, 試験対象の極早生品種の花芽形成が夏の高温で抑制されて収穫が遅れることはなかった。そこで移植から収穫まで単純に温度の積算で生育が進むと仮定した。圃場の実測気温と式(1)を用いて, 計9作期の移植日から収穫盛期までの期間を推定するための有効積算気温を2品種について求めた。

$$A_T = \sum (T - T_0) \quad (1)$$

ここで

$T < T_0$ のときは, 式(1)を積算しない

A_T ; 有効積算気温 (°C day)

T ; 日平均気温 (°C)

T_0 ; 基準温度 (°C)

式(1)のパラメータである有効積算気温 A_T と基準温度 T_0 を, 次の方法で決定した。はじめに T_0 の値を 0.01℃刻みで変化させて, 9作期の移植日から収穫盛期までの A_T を式(1)から求めた。9作期の A_T の標準偏差が最少となる時の T_0 を基準温度の値と定め, また A_T の平均値を有効積算気温と定めた。さらに非線形の最小二乗法である滑降シンプレックス法を用いて, 求められたパラメータ値で収穫盛

期の推定誤差が最小になることを確認した。

三陸沿岸のアメダス観測地における30年間(1981年4月~2011年4月)の気温観測値を用いて, 4月15日~10月1日の移植日に対する収穫日を年ごとに予測した。対象期間中, 観測値の欠損・欠測はわずかであったが, 欠損はそのまま日値として採用し, 日値が欠測の場合のみ平年値で代替した。なお育苗時の低温で不時抽だいの恐れがある4月15日以前の移植日については検討しなかった。

3. 結果と考察

式(1)のパラメータは, ‘オレンジ美星’では有効積算気温(9作期の平均±標準偏差)が 1210 ± 47 °C day, 基準温度が -3.0 °C, ‘美星’では有効積算気温が 1627 ± 121 °C day, 基準温度が -5.5 °Cとなった。いずれの品種も氷点下の基準温度が求められたが, これらは生育の下限温度を示すものではない。江幡(1990)が論じるように, 実験誤差を最小化するように基準温度を求めると, 生理的な生育下限温度よりも低くなるためと考える。これらの有効積算気温モデルを用いて, 9作期の収穫日を推定した結果を図1に示す。この推定では, 被覆資材の違いを考慮しなかったが, 資材の違いによる偏りはとくに認められなかった。推定誤差は移植から収穫までの日数が増えるほど, すなわち低温期の作型ほど大きくなった。二乗平均平方根誤差(RMSE)は‘オレンジ美星’で5.3日, ‘美星’で9.0日であった。収穫調査が週1回であり, また低温期には生長の停滞によって収穫期が数週間に及んで収穫盛期の判定が難しいこともあったため, この程度の誤差が生まれたと判断する。

このモデルを用いて収穫盛期を予測した結果の一例(大船渡, ‘オレンジ美星’)を表1に示す。左欄の移植日に対して右欄は順に, 30年間の平均収穫盛期, 30年間で最も早い年の収穫盛期, 最も遅い年の収穫盛期, 30年間の年々偏差(標準偏差)である。移植日が4月中旬では収穫日までおおよそ70日を要するが, 以降, 次第に短くなり, 6~8月の移植では, 収穫まで日数が50日前後で推移した。最も早い年あるいは遅い年でも, 平均からの差は4日程度であり, 年々偏差も3日以下であった。移植日が9月以降

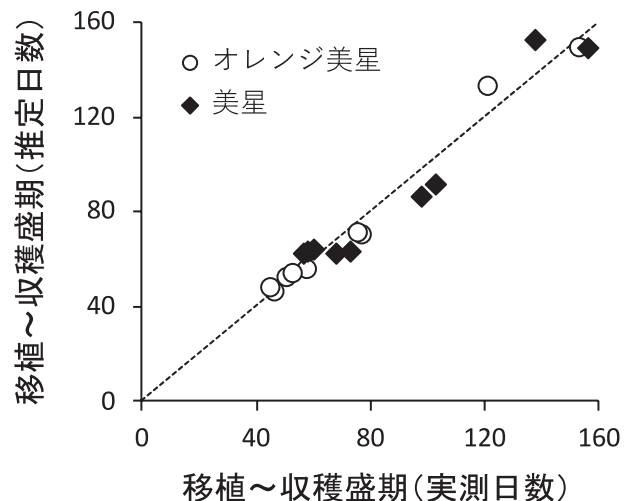


図1. 移植から収穫盛期までの実測日数と有効積算気温による推定日数の比較。

は、収穫までの日数および変動幅が次第に拡大し、10月1日移植では最早年と最晩年の差が100日以上、年々偏差にして24日に拡大した。移植が遅いほど年々変動が増大する理由は、低温で生育が遅くなり、わずかな気温の違いが収穫までの日数を大きく変動させるからである。

図2に大船渡、宮古、久慈の三陸沿岸3地点と内陸の盛岡の収穫盛期予測結果を比較した。盛岡は冬に積雪が多いため露地栽培は非現実的だが、気温影響の違いを沿岸と比べるために併せて表示した。移植日が4~8月では年々の変動が小さく、また各地点間にも大きな差異がなかったため、図では移植日8月1日以降の計算結果を示した。箱ひげ図の白箱部分は第1四分位点(25パーセント)からメディアンまでの範囲、色付箱部分はメディアンから第3四分位点(75パーセント)までの範囲を示し、ひげの左端は最早年、右端は最晩年を示す。‘オレンジ美星’(左図)を例にとると、9月1日移植まではいずれの地点も収穫盛期の年々変動が比較的小さいが、9月15日移植で変動が増加し始め、特に北部の久慈と内陸の盛岡で変動が急増して最早年と最晩年の差が3ヶ月以上に拡大した。さらに10月1日移植では沿岸3地点のいずれでもその差が3ヶ

月前後となったが、盛岡では低温で最早年の収穫期が大きく遅れた結果、むしろ変動幅は小さくなった。沿岸3地点の月平均気温を比較すると、1年を通じて久慈が大船渡に比べて1.5℃前後低く、宮古はその中間であった。気温の年々偏差は3地点ともほぼ同じだった。従って9月15日移植で久慈の変動が大きかった理由は、久慈の気温変動が大きいわけではなく、気温が低い久慈で年々変動の影響がより早期に大きく現れたためである。

一方、‘オレンジ美星’に比べてやや晩生の‘美星’では、9月15日移植ですべての地点で最早年と最晩年の差が2、3ヶ月に拡大した。収穫期が1、2月の場合は凍害の危険性が非常に高くなること、また3、4月の場合は花芽が伸長し始めて商品価値がなくなることから、事実上12月一杯が収穫の適期である。以上の結果から、ネットや寒冷紗を使った簡易被覆の露地栽培で、年々変動の影響を受けずに安定的に年内に収穫するためには、沿岸の南部と中部で9月中旬、沿岸北部では9月上旬までに移植する必要があることが明らかになった。

次に無加温のハウスを導入した作型について考察する。Hamasaki and Okada (2000)によると、ハウスで被覆栽培すると、仮に気温が屋外と同じでも露地栽培に比べて生育が促進される。その理由はフィルム被覆によって放射冷却と対流が抑制されて地温が高まるからである。そのため無加温ハウスでは、露地に比べて地温が2~4℃程度上昇する。さらに彼らは、イネとコマツナを用いて葉齢の展開速度が地温に支配され、露地とハウスの生育差を地温差で説明できることを明らかにした。そこで計算の入力に用いるアメダス気温に2℃または4℃を加算することで、ハウス導入の効果を推定した。2℃加算は雨よけのように常時窓を開放したハウス、4℃加算は低温時に窓を閉めて保温するハウスを想定した。

図3は久慈におけるハウス導入効果を予測した結果である。気温上昇の効果は、9月15日移植で顕著に見られた。すなわち露地作では最晩年と最早年の差が3~4ヶ月に達したが、2℃の上昇で1ヶ月前後、4℃では約20日に縮まった。一方10月1日移植では、9月15日移植ほどの大きな効果が認められなかった。これらの結果から、ハウス導入

表1. 大船渡における収穫盛期の予測結果 (品種: オレンジ美星)

移植日	平均	最早年	最晩年	年々偏差 (日)
4月15日	6月25日	6月22日	7月1日	2.4
5月1日	7月5日	7月1日	7月11日	2.7
5月15日	7月14日	7月11日	7月20日	2.5
6月1日	7月27日	7月23日	8月1日	2.5
6月15日	8月6日	8月1日	8月12日	2.5
7月1日	8月19日	8月15日	8月27日	2.7
7月15日	8月31日	8月27日	9月7日	2.6
8月1日	9月18日	9月13日	9月23日	2.6
8月15日	10月6日	10月2日	10月12日	2.5
9月1日	11月2日	10月27日	11月12日	4.1
9月15日	12月3日	11月20日	12月25日	8.7
10月1日	2月8日	12月30日	4月17日	23.9

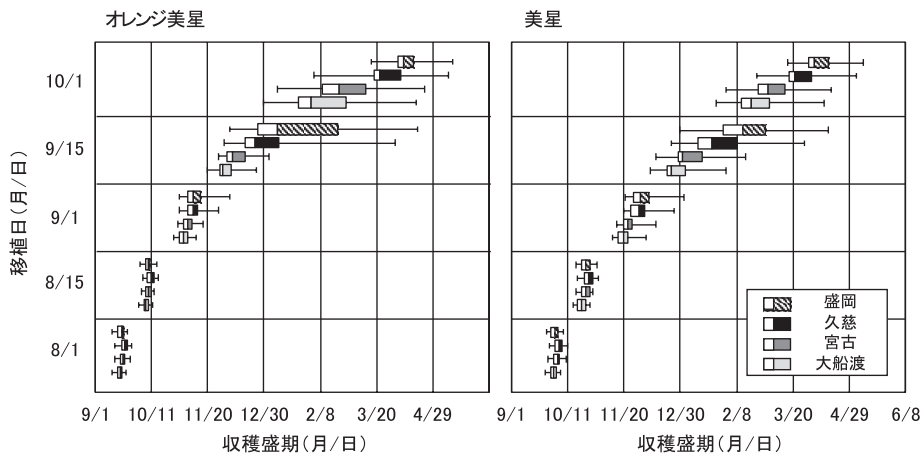


図2. 収穫盛期の年々変動の地点間比較。

箱ひげ図の白箱部は第1四分位点とメディアンの範囲、色付部はメディアンと第3四分位点の範囲、ひげの左端が最早年、右端が最晩年を示す。 左: オレンジ美星, 右: 美星

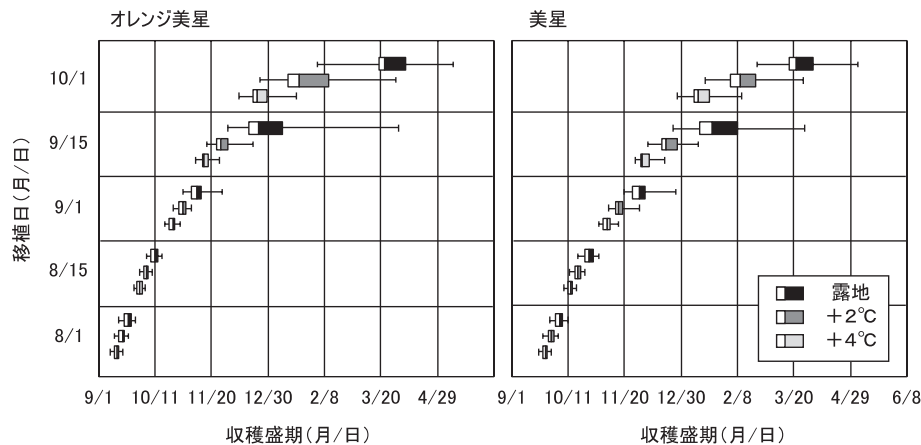


図3. 久慈における収穫盛期の年々変動に及ぼす気温上昇の作用（ハウス導入効果の推定）。箱ひげ図の白箱部は第1四分位点とメディアンとの範囲，色付部はメディアンと第3四分位点の範囲，ひげの左端が最晩年，右端が最晩年を示す。左：オレンジ美星，右；美星

により移植期の晩限を半月程度遅らせることができると予想された。なお冬期の低温で野菜の糖度を高める“寒じめ”栽培では，本格的な寒さが到来する前，例えば12月上旬までに収穫サイズに育て上げ，それ以降は寒さで生育を停止させて糖度上昇を図ることが栽培上の要点である。図3で‘オレンジ美星’の結果を見ると，9月1日移植の露地栽培では収穫盛期が12月上旬以前となり，一方9月15日移植では大半の年で12月上旬を大幅に超えてしまう。したがって露地栽培で適切な移植期を定めるのは非常に難しいことが分かる。これに対してハウスでは窓の開閉などの温度管理で適切に生育を調節すれば，露地栽培の移植晩限を過ぎた時期に移植して12月上旬に収穫することが可能である。久慈の例では，ハウスで寒じめ栽培を行う移植適期は9月中旬と言える。

4. まとめ

気温の年々変動の大きい三陸沿岸地域に，新しい野菜品目であるミニカリフラワーを導入するために，有効積算気温モデルを作成し，収穫期の年々変動を予測した。その結果，4月から8月までの移植では，収穫盛期の年々変動の幅が2週間以内に収まり，計画性の高い生産が可能なが示された。一方，9月以降の移植では，沿岸北部から年々変動が次第に大きくなり，露地栽培で年内の収穫を確実にするには沿岸南部でも9月中旬が移植晩限と予想された。屋外気温に2～4℃加えることで無加温ハウスの導入効果を検討したところ，この晩限を2週間程度遅らせることができ，さらにこの作期が寒じめ栽培に適することが示された。

温暖期から寒冷期に向かう作型では，低温による生育低下のため，わずかな温度差で収穫期が大きく変動することが明らかになった。このため作物栽培の適地や作型を決めるには，平年気候値だけでなく年々の変動も考慮することが重要であり，そのような評価に有効積算気温などを利用した簡単な生育モデルが有効なことを示した。

謝 辞

本研究で実施した試験に当たり，岩手県陸前高田市の佐々木輝昭氏に圃場の提供と管理でご協力をいただいた。

謝意を表します。

引用文献

- 江幡守衛, 1990: 有効積算温度とイネの生長. 第1報 有効下限温度の実験的算出法とイネの栄養生長への応用. 日本作物学会紀事 **59**, 225-232.
- 藤目幸擴, 1983: ハナヤサイ類の花らい形成並びに發育の温度条件に関する研究—特に異常花らいについて—. 香川大学農学部紀要 **40**, 1-123.
- Hamasaki T, Okada M, 2000: Thermal radiation load on temperature regimes in plant growth chambers. *Biotronics* **29**, 57-69.
- 羽生寿郎・内島立郎, 1962: 作物の生育と気象との関連に関する研究. 第1報 水稻の出穂期と気温との関係(1). 農業気象 **18**, 109-117.
- 菅野洋光, 1993: 青森県八戸におけるヤマセと海風の気温・湿度の差異とその季節変化. 天気 **40**, 751-757.
- 加藤 徹, 1964: ハナヤサイの花蕾の分化發育について(第1報). 花蕾の分化發育に関する生態学的研究. 園芸学会雑誌 **33**, 316-326.
- 加藤忠司・小沢 聖, 1996: 寒さを生かした寒冷地ハウスホウレンソウの成分品質の向上. 農業および園芸 **71**, 409-412.
- 加藤一幾・大木啓太・立澤文見・折笠貴寛・松嶋卯月・岡田益己, 2018: 早期収穫によるミニハナヤサイの収量, 成分および食味に与える影響. 園芸学研究 **17**(別2), 495.
- Madariaga FJ, Knott JE, 1951: Temperature summations in relation to lettuce growth. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* **58**, 147-152.
- 農林水産省, 2011: 農業の被害状況. 特別企画「東日本大震災」, aff 2011年5月号, http://www.maff.go.jp/j/pr/aff/index_1105.html (アクセス日: 2018/12/13).
- 岡田益己, 1995: わが国の食糧と日本農業[1]—イネを中心として—. 変動の大きい気象と農業技術. 農業および園芸 **70**, 743-748.
- 吉本真由美・原蘭芳信, 1993: メッシュデータによるダイコンの簡易被覆栽培適地の判定. 農業気象 **49**, 99-104.