

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K08026

研究課題名(和文) 温暖化による気温上昇を上回る寒地への高温性作物の急激な産地拡大の気象的原因解析

研究課題名(英文) Meteorological cause of rapid expansion of temperate crops to cold regions in Japan exceeding the increase in air temperature due to global warming

研究代表者

濱寄 孝弘 (Hamasaki, Takahiro)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・上級研究員

研究者番号：80442789

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年、寒冷地である北海道において、温帯～亜熱帯作物が、温暖化による気温上昇を一見上回る速度で導入され、産地拡大している。その原因を、ラッカセイを対象に、栽培試験と成育予測モデル解析により究明した。

播種から開花までのラッカセイの成育は気温よりも地温に依存していた。2つの仮説、1)高緯度地域ほど地温-気温差が大きい、2)そのため、北海道ではより低い気温でも地温が高く栽培が可能、はどちらも否定された。ラッカセイ栽培地の急速な北上の原因は、温暖化に加え、北海道内導入の際にフィルムマルチやフィルムトンネルなど栽培用の被覆の利用を前提とした栽培体系が採られたことにあると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温暖化に伴う作物の栽培適地の変動は、多くの場合気温の上昇に基づいて評価・予測されるが、本研究では成育の地温への依存を明らかにするとともに、それに基づく温暖化影響評価を試みた点に意義がある。寒冷地におけるラッカセイ(温帯作物)の急速な導入拡大の原因として、地温-気温差が緯度によって異なるとの仮説は否定されたものの、栽培用被覆による地温の高まりが、急速な産地拡大の原因とされたことは、作物生産における今後の温暖化の影響予測精度の向上や栽培法の確立に貢献する。また、作成した成育予測モデルおよび栽培計画法も、栽培適地判断や栽培管理支援に大いに貢献する。

研究成果の概要(英文)：Temperate to subtropical crops have recently been introduced in Hokkaido, which is a relatively cold region of Japan, and their cultivation area has expanded at a rate that seems to exceed that of the rise in air temperature due to global warming. This study investigated the cause of the rapid expansion of the peanut (*Arachis hypogaea* L.) crop by conducting a field experiment and growth model analysis. The growth of peanuts from sowing to flowering depended more on the soil temperature than on the air temperature. The hypotheses that: 1. The higher the latitude, the larger the difference between soil and air temperature, and, 2. That the soil temperature is sufficiently high for peanut cultivation in Hokkaido, even at low air temperatures, were rejected. Our study concluded that the rapid northward expansion of the peanut crop can be attributed to the use of covers such as film mulch, film tunnel, and floating row cover in the cultivation system in Hokkaido.

研究分野：農業気象、作物気象反応、栽培環境制御、温暖化影響評価

キーワード：温暖化 北海道 ラッカセイ 適地拡大 適地判定 発育予測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

気候温暖化に伴い、従来、寒地である北海道では栽培が困難とされてきたサツマイモやラッカセイなどの亜熱帯～温帯作物が導入され、急速に普及してきている。導入されている地域は、比較的温暖な道南にとどまらず、より冷涼な道北・道東にまで及ぶが、北海道内の気温上昇程度は、6月～9月平均で1.1程度、気象官署の平年値で例えると青森-函館間に相当する程度であり、これだけ急速な作物の北上を説明できない。現在の北海道内へのこれら作物の導入は、試行錯誤的に進められており、必ずしも安定的な栽培ができていないわけではない。安定した栽培法の確立、精度の高い適地判定や、気候変動が栽培適地の地理的配置に及ぼす影響の正確な予測・評価のため、急速な産地北上の原因の究明が求められている。

2. 研究の目的

作物の生育に影響する温熱環境の要素には、気温の他に地温もあるが、これまで温暖化が作物の成育や栽培適地分布に及ぼす影響評価・解析はいずれも気温に基づいて行われており、地温の直接的な作物成育への影響は考慮されていない。水田では、水温-気温差が高緯度ほど大きく、高緯度(寒地)での相対的に高い水温は水稻栽培に有利に働いており、畑地の地温でも同様の現象が働いている可能性が考えられる。そこで本研究では、急速な栽培地拡大の原因について、1)高緯度(寒地)の栽培期間中の地温-気温差は暖地(低緯度地域)に比べて大きい、2)対象とする作物の成育は、気温よりも地温への依存が大きい、3)1と2より、北海道では比較的気温が低くても地温が高く、気温で判断するより栽培適地が広い、とする仮説を立て、また寒冷地での栽培導入の際に必須とされるフィルムマルチ等栽培用被覆の効果も含め、急速な産地北上の原因を究明する。

3. 研究の方法

- (1)本研究は、対象作物をラッカセイとした。
- (2)全国各地の気象官署・測候所の地温データ(農林水産省・気象庁、1982:地中温度等に関する資料)より、国内の低緯度(温暖地)と高緯度(寒冷地)における月平均地温-月平均気温の差の比較を行い、地温-気温差の緯度への依存を評価した。
- (3)北海道札幌市羊ヶ丘(農研機構北海道農業研究センター)圃場における、ラッカセイ早生品種「郷の香」の3カ年の被覆栽培試験(処理内容:無被覆、ポリエチレンマルチ被覆(以下、マルチ)、マルチ+有孔ポリエチレントンネル被覆、マルチ+「べたがけ」被覆)および作物移動試験により、気温と地温それぞれがラッカセイの成育に及ぼす影響を評価するとともに、生育モデルを作成した。
- (4)作成した生育モデルを用い、寒地におけるラッカセイの計画栽培法を構築し、それに基づき、温暖化が北海道内のラッカセイ栽培の可否に及ぼす影響の可否を、栽培用被覆の効果も含めて解析した。

4. 研究成果

- (1)6月～8月における地温-気温差について、緯度による一定の傾向は見られず、高緯度ほど気温に対して相対的に地温が高く、そのため気温の低い北海道でも地温が高く、急速に栽培が拡大したという仮説(仮説1、3)は棄却された。
- (2)3カ年の栽培試験で得られたデータに基づき、発育期間を播種から出芽まで、出芽から開花まで、開花から収穫までの3つに分け、それぞれについて有効積算温度による発育予測モデルを作成した。開花までの発育予測の精度は、積算する温度に日平均地温を用いた方が日平均気温を用いるよりも高かったことから、ラッカセイの開花までの成育は地温への依存が強いと考えられた。開花以降については、気温と地温で成育予測精度に大きな差は見られなかった。
- (3)栽培試験データを用いて、有効積算温度による以下の発育予測モデルを得た。
各モデル共通:有効積算温度 $Tacn$ (日) = $Tacn-1 + Ten$
(Ten は起算日から n 日目の有効温度(), 日平均温度 Tn () と基準温度 Tb () から、 $Ten = Tn - Tb$ で求められる(ただし $Tn < Tb$ のとき $Ten = 0$))
出芽予測モデル: $Tb = 9.53$ 、出芽に至る $Tacn = 139.4$ 日。 Ten には日平均地温を用いる
開花予測モデル: $Tb = 10.45$ 、開花に至る $Tacn = 418.1$ 日。 Ten には日平均地温を用いる。
収穫可能日予測モデル
完熟莢率 Rn (%) = $a \cdot (Tacn - Tr)$ ただし、 $Tacn < Tr$ のとき $Rn = 0$
(Tr は最初の莢が完熟するまでの有効積算温度、 a は係数で、 Tb 、 Tr 、 a はそれぞれ6.76、997.4日、0.00132。 Ten には日平均気温を用いる)
収穫可能日は、 Rn が50%以上(10aあたり収量200kg以上に相当。2018年度全国平均は

245 kg) に達した日である。

- (4)次のとおり、計画栽培法を構築した。既存の文献・栽培指針から、ラッカセイの播種早限を日平均気温平年値が12℃に達した日とし、生育限界は最低気温平年値が8℃以下となった日とした。作成した発育予測モデルに基づき、播種早限以降の播種で、生育限界までに収穫可能日に達すれば、栽培可能と判断する。栽培試験における観測データに基づき、日平均気温から日平均地温を推定する、以下の式を得た。

$$\text{日平均地温 } T_{sn} (\text{℃}) = 0.649 \cdot T_{sn-1} + 0.351 \cdot T_{an} + 0.98. \quad (T_{an} : \text{日平均気温} (\text{℃}))$$

また、栽培試験の結果から、播種から開花までの日平均地温は、無被覆(以下NC)に対してマルチ被覆(以下MC)は2℃、マルチ+べたがけ被覆(以下BT)は4℃、マルチ+ポリエチレントネル被覆(以下PT)は5℃高く、開花からこれら被覆除去までの日平均気温は、NCとMCは同じで、それに対しBT区は2.5℃、PT区は1℃高いとした。

- (5)構築した計画栽培法を用い、札幌市羊ヶ丘における、温暖化が顕著になる前の1981-1995年平均と、温暖化顕在化以降の2005-2019年平均それぞれの播種早限に播種した場合の、各被覆条件における栽培可否を判定した。播種早限と生育限界は、1981-1995年平均ではそれぞれ5/29と10/1、2005-2019年平均ではそれぞれ5/15と10/3である。1981-1995年平均ではNC区、MC区、BT区、PT区の開花日はそれぞれ8/9、7/30、7/22、7/18と推定される一方、開花晩限は5/8、5/8、6/5、6/23と推定され、被覆を行っても栽培できないと判断された。それに対し、2005-2019年平均では、NC区、MC区、BT区、PT区の開花日はそれぞれ7/22、7/13、7/6、7/3、開花晩限は6/11、6/11、6/22、7/4と推定され、マルチと有孔ポリエチレントネルを組み合わせることにより、早生種のラッカセイ栽培が可能であることが示された。
- (6)無被覆では現在でも栽培は不可と判定されたことから、道内でラッカセイ栽培が急速に導入されたのは、気温の上昇に加え、マルチ被覆による地温の確保とフィルムトンネルやべたがけなど栽培用被覆の利用を前提とした栽培体系が採られたことにあると考えられた。これらの解析結果は、寒冷地への温帯～亜熱帯作物の導入や適応性の検討に際しては、気温上昇ばかりではなく栽培用被覆の効果の加味が必須であるとの指針を示す。
- (7)本研究で得られたラッカセイの計画栽培法は「過去には栽培用被覆を用いても栽培不可だったが、近年は栽培用被覆の利用で栽培可能になってきた」現状を再現できており、栽培適地判定や栽培管理、温暖化影響評価への活用が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 濱寄孝弘, 廣田知良, 根本学
2. 発表標題 北海道における落花生の有効積算地温による開花予測
3. 学会等名 日本農業気象学会北海道支部2017年大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 濱寄孝弘, 根本学, 広田知良
2. 発表標題 北海道におけるラッカセイの有効積算温度による収量推定の試み
3. 学会等名 日本農業気象学会2019年全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱寄孝弘, 根本学, 廣田知良
2. 発表標題 北海道におけるラッカセイの計画栽培法作成の試み
3. 学会等名 日本農業気象学会2020年全国大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	根本学 (Nemoto Manabu) (10469843)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・主任研究員 (82111)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	廣田 知良 (Hirota Tomoyoshi) (20343949)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道 農業研究センター・グループ長 (82111)	