

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06005

研究課題名(和文) 積雪地の環境条件が麦類の穂の形態形成に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Effects of environmental conditions in snowy regions on ear morphogenesis in wheat and barley

研究代表者

島崎 由美 (Shimazaki, Yumi)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中日本農業研究センター・主任研究員

研究者番号：80414770

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：ムギ類の生育期間には積雪期間があり、温暖化による積雪期間の変動の影響を大きく受けることが推察される。本研究では積雪地の冬期間の環境条件がムギ類の穂の形態形成を通じて、収量(穂の形態)に及ぼす影響を解明することを目的とした。冬期間の積雪下の環境条件が異なる3地点において、幼穂分化にかかわる遺伝子型の異なるコムギ、オオムギ品種を栽培し、分化小穂数に着目して解析した。その結果、積雪地域におけるムギ類の幼穂生長を推定するためには気温より地温データの利用が有望であること、地温の変動によって分化小穂数が影響を受けることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

北海道をはじめとする寒冷地におけるムギ類の生育期間には積雪期間があり、温暖化や異常気象が問題となる中で作物の安定生産を実現するためには積雪期間中のムギ類の発育予測の精度を高める必要がある。本研究では、積雪地域におけるムギ類の幼穂生長を推定するには気温より地温データの利用が有望であることを示すことができた。この結果を用いて今後積雪地域のムギ類の生育予測の精度が向上することが期待される。

研究成果の概要(英文)：The growing period of winter cereals (wheat and barley) is accompanied by a period of snow cover, and it is inferred that it is greatly affected by changes in the snow cover period due to global warming. The objective of this study was to elucidate the effects of environmental conditions during winter on the yield (ear morphology) of winter cereals through the morphogenesis of ears. Wheat and barley cultivars with different genotypes for ear differentiation were grown at three sites with different environmental conditions during winter, and the number of differentiated spiklets was analyzed. The results showed that the use of soil temperature data was more promising than air temperature for estimating the growth of young ears of wheat and barley in snowy regions, and that the number of differentiated spiklets was affected by fluctuations in soil temperature.

研究分野：作物栽培

キーワード：コムギ オオムギ 幼穂生長 幼穂分化 小穂数 地温 気温 発育予測

1. 研究開始当初の背景

現在、温暖化や異常気象が問題となる中で作物の安定生産を実現するためには、作物の環境応答を理解し、活用する技術が必要である（長谷川 2016）。そのためには、遺伝的要因と環境要因の相互作用が作物収量に及ぼす影響を解明することが重要と考える。寒冷地におけるムギ類の生育期間には積雪期間があり、温暖地の麦作や夏作物と比べて、より複雑な環境応答をすると推察される。寒冷地には、北海道を始め我が国の主要なムギの生産地があり、気象変動への対応は今後必須となる。

2. 研究の目的

冬期間の積雪下の環境条件（北海道、東北、北陸）が異なる3地点において、幼穂分化にかかわる遺伝子型（日長反応性、低温要求性）の異なるコムギ、オオムギ品種を栽培し、分化小穂数に着目することで積雪地の冬期間の環境条件がムギ類の穂の形態形成を通じて、収量（穂の形態）に及ぼす影響を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

遺伝子型ごとの分化小穂数と穂の形態形成との関係を明らかにする。

北陸の新潟県上越市、東北の岩手県盛岡市、北海道芽室町で、播性など出穂特性の異なるコムギ5品種、日長反応性遺伝子 HvCK2 の異なるオオムギ5品種（北海道は2品種）を2か年栽培し、小穂分化期前後を含む幼穂分化期間に1-2週間おきに幼穂調査を行う。具体的には、幼穂長、幼穂分化ステージ（稲村ら 1965）、小穂原基数を調査し、小穂分化期間と分化小穂数を特定する。また、最終的な穂の形態について、小穂数、小花数、穂長小穂位置別の稔実粒数（コムギ）、小穂の位置別主列の稔性（オオムギ）を調査する。以上の調査から分化小穂数が穂の形態形成に及ぼす影響を検証する。

小穂数の決定に關与する栄養状態を明らかにする。

小穂分化期間中の栄養状態が小穂数に影響を及ぼすと考えられるため、で行う小穂分化期前後の幼穂調査時の植物体の窒素含有率および非構造化炭水化物（NSC）含有率を測定する。これらの栄養状態の推移と穂形態を決定する小穂分化期間や分化小穂数、稔実粒数などとの関係について検討する。

小穂分化期間の長さに関する環境要因を明らかにする。

分化小穂数に影響する小穂分化期間の長さや栄養状態には、環境条件が関与していると考えられるため、調査3地点における幼穂位置の温度、気温、積雪期間、降水量、日射量、日長などの環境データを収集する。以上とで特定した小穂分化期間の長さにも最も影響を及ぼす環境要因を明らかにする。

4. 研究成果

遺伝子型ごとの分化小穂数と穂の形態形成との関係を明らかにする。

2019-2020、2020-2021、2021-2022の3作期にわたり、3地点においてコムギおよびオオムギの幼穂調査、小花数調査、稔実調査を行った。

コムギでは、3作期を通じて上越が盛岡より穂が短く1穂粒数が少ないことが確認され、小穂数は、試験期間中を通じて芽室<上越<盛岡となった。また、品種比較では「銀河のちから」がいずれの地点でも小穂数が最も少なくなっていた。播性VIの「ゆめちから」は盛岡より上越で生育が遅れる傾向がみられた。その他の品種は、供試年によって異なった。「銀河のちから」は数多くある出穂関連遺伝子の一つ *TaphyC-A* が N61 型で、「ゆきちから」「夏黄金」は北日本型と異なる。寒冷地における幼穂形成に、*TaphyC-A* 等の遺伝子が影響を及ぼしている可能性が考えられる。

オオムギでは、上越が盛岡よりも下部不稔小穂数が多く、幼穂分化速度が速く、穂が短く、1粒重が軽かったが、栽培地間の差は暖冬年であった2019-2020年で大きく、2020-2021年では小さかった。また、播性Iの「シュンライ」は上越で生育が顕著に早かったが、盛岡ではこの早期化は認められなかった。

小穂数の決定に關与する栄養状態を明らかにする。

小穂分化期間前後の植物体の栄養状態の指標として、NSC含有率および窒素含有率を葉身と稈および葉鞘に分けて測定した。小穂分化期間前後のNSC含有率は、上越と盛岡で増減傾向が大きく異なった2019-2020年と比較して、2020-2021年では両地点の傾向の差は小さかった。

小穂分化期間前後の窒素含有率は、研究期間内にすべての分析が終了せず、解析が終了していない。今後、NSC含有率および窒素含有率と小穂数の分化小穂数および穂の形態形成についての解析を行う予定である。

小穂分化期間の長さに関する環境要因を明らかにする。

コムギでは、小穂数が決定する頂端小穂形成期(TS)に到達する播種後日数は、芽室が最も遅く、次いで盛岡、上越となった。地温や日長によって決定すると考えられるが、上越は年次による日数の違いが大きかった。地温の変動が大きい上越では、小穂数の変動が大きいことが考えられるため、小穂数が変動しても小花数で粒数を確保できる、または地温に対する反応が小さい遺伝子型の品種を導入することが安定多収につながると推察される。

オオムギでは、幼穂分化程度および幼穂長と播種後日数、積算気温、積算地温の当てはまりを比較した場合、地点ごとでは節間伸長前の幼穂位置に相当する地下 2 cmの積算地温との当てはまりが最も良く、積算地温と幼穂分化程度は直線に、積算地温と幼穂長は指数曲線に回帰できた(図 1)。播種後日数や積算気温と幼穂分化程度および幼穂長の関係では、積雪期間のデータの連続性が失われていたのに対して、積算地温との関係では積雪期間中もデータが連続していた。これらの結果から積雪地域における幼穂分化程度および幼穂長の推定には地温データの利用が有望であると考えられた。

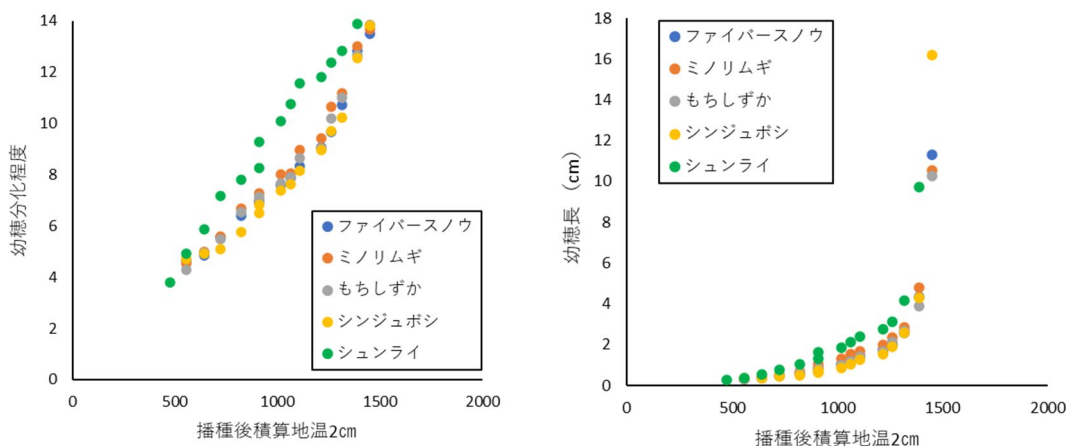


図 1 播種後積算地温 2 cm と幼穂分化程度および幼穂長との関係 (2021-2022 年上越) 節間伸長前の幼穂位置に相当する地下 2 cm の積算地温との当てはまりが最も良く、積算地温と幼穂分化程度は直線に、積算地温と幼穂長は指数曲線に回帰できた。

一般的な発育速度 DVR (developmental rate) を $DVR=1/[\exp(A(T-T_{base}))]$ (T_{base} は基底温度、 T は実測温度、 A は係数)として求め、幼穂長との関係を調べた。オオムギの品種ミノリムギでは、 T を気温として求めると、幼穂長と DVR の関係は、上越ではほぼ線形の関係、盛岡では年ごとに大きくばらついた(図 上)。 T を地温とすると上越・盛岡ともに指数対数的な変化を示した(図 下)。芽室では凍害発生により幼穂の成長が不安定で、どちらで評価しても明瞭な関係は見られなかった。この結果からも、積雪地域における幼穂長の推定には気温より地温データの利用が有望であると考えられた。

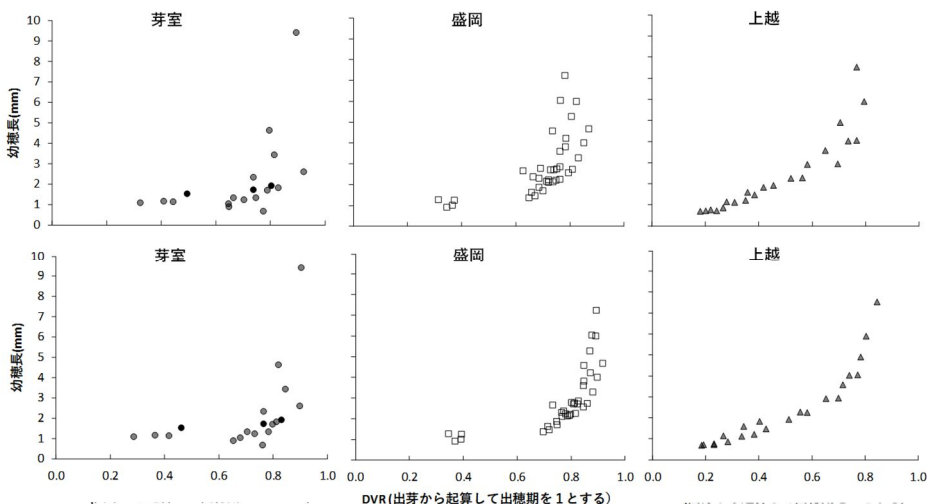


図 2 気温から評価した DVR と幼穂長の関係(上)と地温 2cm の実測値から評価した DVR と幼穂長の関係(下) 播種年は芽室 2018-2022、盛岡 2018-2021、上越 2018-2020。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 島崎由美・関昌子	4. 巻 58
2. 論文標題 積雪の有無がオオムギの幼穂生長に及ぼす影響について 積雪年と無積雪年の比較から	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 北陸作物・育種研究	6. 最初と最後の頁 4-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 松山宏美・島崎由美・福寛陽・渡邊和洋	4. 巻 91
2. 論文標題 コムギ・オオムギの発育調査基準の再整理	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本作物学会紀事	6. 最初と最後の頁 76～87
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1626/jcs.91.76	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 島崎由美・関昌子・下田星児	4. 巻 57
2. 論文標題 積雪地で栽培したオオムギの積算気温による発育予測の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 北陸作物学会報	6. 最初と最後の頁 23～28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.19016/hokurikucs.57.0_23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 池永幸子 島崎由美 関昌子 伊藤裕之 中丸観子 高山敏之 谷口義則	4. 巻 90
2. 論文標題 寒冷地における小麦の穂の諸形質の栽培地および品種間比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本作物学会紀事	6. 最初と最後の頁 307-316
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1626/jcs.90.307	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 下田星児・島崎由美・池永幸子・中嶋美幸・関昌子
2. 発表標題 北日本の冬季地温の変化が麦類の生育ステージに与える影響
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 島崎由美・関昌子・下田星児
2. 発表標題 積雪地で栽培したオオムギの積算気温による発育予測の検討
3. 学会等名 北陸作物学会第58回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 島崎 由美・池永 幸子・関 昌子
2. 発表標題 積雪地域における麦類の幼穂生長と越冬環境について
3. 学会等名 日本農業気象学会2022年全国大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 下田星児・中嶋美幸
2. 発表標題 麦類の多様な越冬環境
3. 学会等名 日本農業気象学会2022年全国大会
4. 発表年 2022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	池永 幸子 (Ikenaga Sachiko) (10546914)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・東北農業研究センター・主任研究員 (82111)	
研究 分担者	関 昌子 (Seki Masako) (50414636)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・中日本農業研究センター・上級研究員 (82111)	
研究 分担者	下田 星児 (Shimoda Seiji) (80425587)	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 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------