

令和 2 年 5 月 24 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07625

研究課題名(和文)ハダカムギの硝子質粒発生に関するメカニズムの解明と硝子率評価法の再検討

研究課題名(英文)Clarification of mechanism of steely grain in hulless barley and reconsideration of estimation of steely grain rate

研究代表者

荒木 卓哉 (Araki, Takuya)

愛媛大学・農学研究科・教授

研究者番号：10363326

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：ハダカムギの品質評価項目の一つである硝子率の実態を播種時期、気象条件ならびに、子実の着生位置ごとに詳細に検討した。硝子率は、晩期播種において適期播種および早期播種よりも有意に低くなった。また、出穂期以降の気象条件を説明変数として重回帰分析を行った結果、偏回帰係数は登熟期間および積算降水量においてそれぞれ5%および1%水準で有意であった。すなわち、登熟期間が短いほど、また、登熟期間の降水量が多いほど硝子率を低くすることが推察された。子実着生位置ごとの硝子率は、播種時期において変異に差が認められ、早播区>標播区>晩播区の順となるとともに、中央からやや下に位置する子実において高い傾向にあった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ハダカムギの硝子率は、脱穀後の刈り取り試料からの無作為抽出により個々の硝子質程度に基づいて評価している。したがって、子実個々の硝子質程度を反映した評価法とは言えない。本研究において、子実着生位置別に硝子質程度を明らかにしたことは、栽培技術の高度化ならびに加工に用いるときの品質の均一化に向けて実需者への貴重な情報提供となることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The actual conditions of steel grain rate, one of the quality items of hulless barley, were examined in relation with sowing term, meteorological condition and grain position on the panicle. The grain steel rate in late sowing term was significantly low compared with medium and early sowing terms. With multiple regression analysis with explanatory variables of meteorological conditions after heading stage, partial regression coefficients of duration of maturing stage and precipitation were significant as 5% and 1% levels, respectively. It was implied that the steel grain rate was lowered so that duration of maturing stage was short and there was much precipitation. The steel grain rate of different grain position was found wide variation in different sowing terms. This rate was the highest in early sowing term and center in a panicle.

研究分野：作物学

キーワード：ハダカムギ 硝子率 子実着生位置 播種時期

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ハダカムギはオオムギの一種であり、愛媛県では作付面積が30年以上にわたり連続日本一の重要品目である。穀皮は外れやすいため、加工適性に優れている。代表的な加工品は味噌であり、瀬戸内および北部九州地域の麦味噌文化を育んでいる。ほかに焼酎、パンなどに加工されているが、不溶性食物繊維であるβ-グルカンを多く含んでいることから、生活習慣病予防が期待できるため、健康食品や病院食をはじめ用途が拡大している。

ハダカムギの品質評価項目の一つに硝子率がある。硝子率は、目視または画像解析により、子実を粉状質粒、半硝子質粒および硝子質粒の3つに分類することで、調査したそれぞれの粒数に0、0.5および1と重み付けをして、評価したものである。硝子質粒は子実に蓄積した澱粉の隙間に不溶性タンパク質が蓄積していることが原因であると報告されている(山口ら2015)。硝子質が高いと加工工程である搗精時間が長くなり、コストが増える。また、硝子率は粉状質、半硝子質および硝子質の3種類の総合結果であることから、これらの混在程度が不均一な搗精を招いている原因となっている。また、硝子質が高いと、加工品がくすんだ色となり、外観へ影響を及ぼす。これらのことから、硝子質程度が均一かつ低硝子率のハダカムギが求められている。本研究課題では、ハダカムギの加工特性を向上させるために、硝子質粒に着目し、硝子率の抑制および品質の均一化を目指した取り組みを行う。

これまでに窒素施用量および施肥体系が水稻出穂期以降の乾物生産、光合成能力収量および収量構成要素へ及ぼす影響について検討してきた。その結果、1穂もみ数が多い多収水稻品種では、子実の着生位置により子実重および登熟歩合に違いが認められ、とくに穂の下部2次枝梗および3次枝梗の登熟歩合で顕著であること、これには出穂期の実肥施用による止葉およびその直下葉の光合成量の増加が認められたこと、さらに、施肥窒素利用率が密接に関与していることを明らかにした。また、子実窒素含有率12%が評価基準である福岡県のラーメン用小麦の施肥体系の構築を図るために、窒素安定同位体を用いて、穂肥窒素の個体への吸収ならびに子実への転流動態を解析することにより、穂肥の施用量および時期の検討を行った。その結果、追肥窒素利用率が最も高くなる(60%)穂揃期および穂揃期後7日の窒素追肥が有効であることを明らかにした。

ハダカムギの子実硝子率は、窒素含有率およびタンパク質含有率と密接な関係があることが報告されている。また、ハダカムギの慣行栽培では、幼穂形成初期(幼穂約7mm)に収量確保を目的とした穂肥を施すことから、穂肥の施用量と時期ならびにその吸収程度が収量および品質に影響を及ぼしていることが推察される。また、近年は播種適期の降雨日の増加に伴い、適期に播種できずに適期外播種(晩播)せざるを得ない状況が頻発している。晩播の場合、適期播種と比べて茎数が減少し、穂揃期が遅くなるために適期播種とは異なった施肥体系を検討する必要がある。そこでこれまでの研究成果に基づき、穂肥施用の効果について穂内の子実着生位置による炭素ならびに窒素転流動態と品質とくに硝子率との関係について着目したい。着生位置による子実重には違いがあることが報告されているが、着生位置による経時的な子実への炭素および窒素蓄積動態は明らかになっていない。また、硝子質粒の発生程度が低い破碎デンプン粒変異遺伝子(fra)を導入した系統の開発が進んでおり、硝子率の低下が期待されているが、子実ごとの硝子質程度のばらつきが認められ、均一程度には課題が残る。

これら課題に対する生理生態学的手法による解析は、ハダカムギ子実の炭素および窒素動態の詳細を明らかにするとともに、品質向上への肥培管理の最適化に向けた基礎的情報を付与するものと考えらる。

2. 研究の目的

ハダカムギ子実における硝子質粒発生について穂内の子実着生位置にわけて、子実成長、窒素吸収および不溶性タンパク質蓄積動態について生理生態学的に解析するとともに、硝子質粒形成の時期について形態学的手法により明らかにすることを目的とする。また、子実ごとの硝子率が詳細に評価できることに基づき、硝子率評価法の再検討を行うことも本研究課題の目的である。

3. 研究の方法

課題Ⅱ. 1穂内の子実着生位置による子実乾物重および窒素含有率の経時変化、ならびにこれらと硝子率の垂直分布特性の解析

硝子率は子実の窒素含有率との間に密接な関係があることが報告されている。しかし、硝子率は、任意の子実を対象に評価したものであり、穂における子実着生位置に着目した子実の乾物生産特性ならびに品質について詳細に解析された報告はこれまでにない。そこでまず、出穂以降の子実乾物重、窒素含有率を穂内の子実着生位置ごとに測定し、子実成長に関する炭素ならびに窒素動態について明らかにする。

課題Ⅲ. 適期外播種(晩播き)における低硝子率高位安定生産に向けた穂肥施用法の検討

ハダカムギを含むオオムギの多くの栽培地の窒素施肥体系は、基肥-中間追肥(分けつ期)-穂肥(出穂約25日前)が一般的である。また、硝子率が高くなることを避けるために穂肥の割合を少なくして基肥として多く施用する基肥重点施用が行われている。しかし、近年西日本のオオムギ栽培地では播種適期の降水量の増加のために適期播種ができない場合や、作付面積の増加に伴い適期に播種できずに遅まきせざるを得ない状況が頻発し、全作付面積に対する遅まき栽培の割合は増加している。遅まきした場合、栄養成長期間が短くなるために穂肥を多くする穂肥

重点施用を行うことが多い。穂肥重点施用では収量がある程度確保できるが、出穂前後の植物体による旺盛な窒素吸収に伴い、穂への窒素転流量も多くなるために硝子率が高くなる。そこで、遅まき栽培における施肥体系の改善を目指して、穂肥の割合を慣行栽培より多い条件と少ない条件を設け、課題Ⅰ～Ⅲに加え、出穂以降の止葉の光合成能力ならびに白度、容積重といった品質に関する項目を加えて、収量ならびに品質について総合評価を行う。

4. 研究成果

品質項目の結果について比較してみると、2015/2016年の結果を第18表、2016/2017年の結果を第19表に示した。2015/2016年の容積重は早播区>標播区>晩播区の順であった。品種間ではマンネンボシ>四国裸132号=ハルヒメボシの順であった。2016/2017年は品種によって異なっており、マンネンボシでは早播区=晩播区>標播区の順であり、ハルヒメボシと四国裸132号は標播区>早播区>晩播区の順であった。品種間ではハルヒメボシ>マンネンボシ=四国裸132号の順であった。硝子率の結果は2015/2016年において播種期別では早播区>標播区>晩播区の順であり、全ての品種において同様の結果であり播種時期が早いほど硝子率が高くなった。2016/2017年の結果では品種により異なっており、マンネンボシでは早播区>標播区=晩播区の順であり、ハルヒメボシと四国裸132号では早播区=標播区>晩播区の順であった。1年目に比べて2年目は標播区の硝子率が全品種において上昇していた。品種による差異を比較してみると、2015/2016年ではマンネンボシ>四国裸132号>ハルヒメボシの順であり、いずれの播種時期においても同様の結果であった。2016/2017年では播種時期によって異なっており、早播区と晩播区ではマンネンボシ>四国裸132号>ハルヒメボシの順であったが、標播区では四国裸132号>ハルヒメボシ>マンネンボシの順であった。播種時期による硝子率の傾向は両年共に共通しており、播種時期が早いほど高いものであったが、品種によってやや変動した。2016/2017年播の標播区では、硝子率を低く抑えることができるハルヒメボシが基準値を超えており、硝子率が高くなりやすいマンネンボシが基準値を下回っていた。両年の傾向が異なっていたため、品種間、年時間差および交互作用を求めたものを第20表に示した。品種間では有意な差は認められなかった。播種年度間には容積重および硝子率に有意な年時間差が認められた。交互作用については有意な差は認められなかった。

一穂当たりの子実乾物重は、マンネンボシにおいてハルヒメボシおよび四国裸132号と比べて有意に小さくなった。また、播種時期および穂肥窒素処理による差は認められなかった。着生位置別ではすべての品種で4番目から8番目までの子実乾物重が大きく、上位になるに伴い小さくなった。硝子率は品種間において有意な差異は認められなかった。また、播種時期では晩播区において早播区および標播区よりも有意に低くなった。穂肥窒素処理による硝子率の差異は認められなかった。硝子率は出穂期以降の気象条件を説明変数として重回帰分析を行った結果、重回帰式 $y = 7.29 x_1 + 1.64 x_2 - 0.96 x_3 - 0.25 x_4 + 65.1$ を得られた (y; 硝子率, x_1 ; 登熟期間, x_2 ; 平均気温, x_3 ; 積算降水量, x_4 ; 積算日射量)。説明変数の偏回帰係数は登熟期間および積算降水量においてそれぞれ5%および1%水準で有意であった。すなわち、登熟期間が短いほど、また、登熟期間の降水量が多いほど硝子率を低くすることが推察された。子実着生位置ごとの硝子率は、播種時期において変異に差が認められ、早播区>標播区>晩播区の順となった。ハルヒメボシおよび四国裸132号では播種時期により硝子率が高い着生位置が異なり、標準区において5番目から8番目で、晩播区において10番目から12番目であった。子実窒素含有量は品種、播種時期および穂肥窒素処理による差異は認められなかった。また、子実着生位置別では、乾物重と同様の傾向を示し、硝子率とは関連性は認められなかった。一般に硝子率は子実タンパク質含量と密接な関係があることから、今後は子実タンパク質含量ならびに登熟期の気象条件を考慮して、硝子質粒形成に関わる仕組みを明らかにしたい。

第1表. マンネンボシ, ハルヒメボシおよび四国裸132号における異なる播種時期の容積重および硝子率。

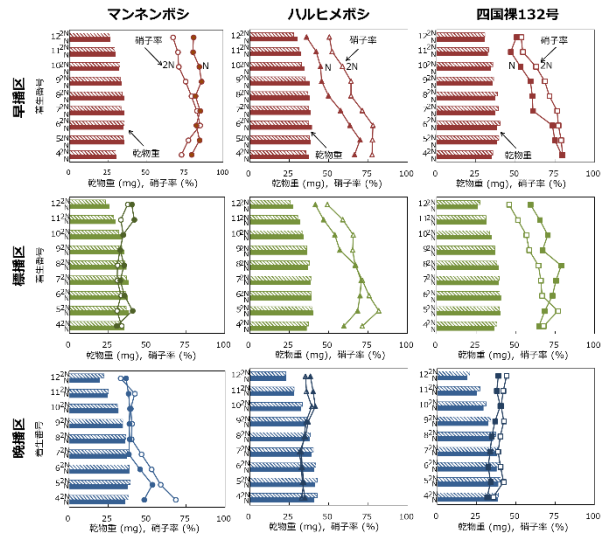
		容積重 (g L ⁻¹)	硝子率 (%)
マンネンボシ	早播区	801	81.8a
	標播区	789	40.6b
	晩播区	800	49.7b
ハルヒメボシ	早播区	791	59.6a
	標播区	814	59.4ab
	晩播区	791	28.1b
四国裸132号	早播区	813a	68.4a
	標播区	819a	75.3a
	晩播区	783b	30.9b

異なる英小文字は5%水準で有意差があることを示す。

第2表. 異なる播種時期の一穂当たり子実乾物重, 硝子率および窒素含有量。

品種	播種時期	穂肥処理	一穂当たり子実乾物重(mg)	硝子率 (%)	窒素含有量 (mg)
マンネンボシ	早播区	N	294.3	82.7	5.68
		2N	289.5	75.7	5.83
	標播区	N	308.0	35.9	5.57
		2N	295.5	33.0	5.43
	晩播区	N	294.6	41.8	5.51
		2N	303.9	46.8	6.01
ハルヒメボシ	早播区	N	325.9	52.8	5.60
		2N	312.1	66.0	5.69
	標播区	N	319.2	59.5	5.79
		2N	317.6	67.4	5.61
	晩播区	N	317.1	36.0	5.71
		2N	326.4	34.8	5.69
四国裸132号	早播区	N	318.3	62.2	5.03
		2N	329.0	69.3	5.44
	標播区	N	324.8	69.3	5.09
		2N	325.1	61.6	4.82
	晩播区	N	293.0	35.5	4.77
		2N	307.0	40.6	5.67
品種			*	ns	ns
播種時期			ns	*	ns
穂肥			ns	ns	m
品種×播種時期			ns	ns	ns
品種×穂肥			ns	ns	ns
播種時期×穂肥			ns	ns	ns

異なる英小文字は5%水準で有意差があることを示す。



第 1 図. 異なる播種時期の着生位置別の子実乾物重および硝子率.

第 3 表. 出穂期から成熟期までの気象条件と容積重ならびに硝子率との関係.

目的変数	説明変数	説明変数				
		生育日数	平均気温	積算降水量	積算日射量	定数項
容積重	偏回帰係数	2.09	-10.6	-0.91*	0.07	976.4
	標準偏回帰係数	0.321	0.214	0.538	0.131	
硝子率	偏回帰係数	7.29*	1.64	-0.96**	-0.25	65.1
	標準偏回帰係数	0.352	0.101	0.624	0.09	

*および**はそれぞれ 5%および 1%水準で有意差があることを示す.

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 荒木卓哉, 金本博貴
2. 発表標題 ハダカムギにおける子実着生位置に着目した物質集積特性ならびに硝子率の発生に関する品種間比較
3. 学会等名 日本作物学会第246回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 橘卓三, 苅田成美, 荒木卓哉
2. 発表標題 ハダカムギにおける穂の乾物蓄積へのソース器官の寄与に関する品種間比較
3. 学会等名 日本作物学会四国支部第54回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金本博貴・荒木卓哉
2. 発表標題 異なる播種時期および穂肥量で栽培したハダカムギの乾物生産, 収量および品質特性に関する品種間比較
3. 学会等名 日本作物学会第244回講演会
4. 発表年 2017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
---------------------------	-----------------------	----