

令和 5 年 6 月 10 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K05996

研究課題名（和文）もち麦の後期重点型施肥による遅れ穂発生のおくみと多収・高β-グルカン化栽培技術

研究課題名（英文）Mechanism on appearance of late emerging spike stimulated by intensive topdressing at late growth stage and cultivation technique for high yielding, high beta-glucan in grain of waxy naked barley

研究代表者

高橋 肇（Tadashi, Takahashi）

山口大学・大学院創成科学研究科 教授

研究者番号：70216729

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：もち性はだか麦の遅れ穂発生のおくみを明らかにして、多収・高β-グルカンの栽培技術を確立することを模索した。子実収量は、後期重点型窒素施肥により、穂数が多く、全重が重くなることで多くなった。茎数は、最高分けつ期まで増加した後、開花10日後まで減少するが、後期重点型施肥により、その後遅発分けつ数が増加したことにより増加し、穂数も成熟期まで大きく増加した。遅れ穂となる遅発分けつは、主茎第5節・第6節の1次分けつならびに主茎・下位節の1次分けつから発生した2次分けつに観察された。開花期追肥の施用時期を遅らせることで、くず粒の数を減らし、無効分けつへの乾物分配を減らせる可能性があることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

もち性はだか麦は、子実中に水溶性の食物繊維であるβ-グルカンを多量に含んでおり、機能性食品として注目されている。β-グルカン含量は、開花期追肥のような後期重点型追肥によりさらに高まるが、同時に遅れ穂が多く発生して成熟にばらつきが出るとともに、収穫が遅れてしまうことが問題となっている。本研究では、遅れ穂が開花期の窒素追肥に刺激されて発生することを明らかにし、追肥をさらに遅く施用して遅発分けつの生長を遅らせ、遅れ穂の成熟を待たないことで、くず粒の発生を抑え、無効な乾物生産を抑えることができることを示唆した。本研究成果を活用して麦類の生産振興を図り、日本の食料自給率を高めることが期待される。

研究成果の概要（英文）：We clarified the mechanism on appearance of late emerging spike and sought to establish cultivation technology for high yielding, high beta-glucan in grain of waxy naked barley. The grain yield increased due to the large number of spikes and the heavier total dry weight due to the intensive nitrogen topdressing at late growth stage. The number of stems increased to the maximum tiller number stage and then decreased until 10 days after flowering, but increased again due to the increase in the number of late emerging tiller due to the intensive topdressing. The late emerging tiller was observed in primary tiller of nodes 5 and 6 of the main stem and secondary tiller generated from primary tiller of the lower nodes on main stem. It was clarified that delaying the application time of topdressing at anthesis may reduce the number of smaller grains and reduce the distribution of dry matter to the non-productive tillers.

研究分野：作物学

キーワード：もち性はだか麦 後期重点型窒素施肥 β-グルカン 遅れ穂 収量解析 同伸葉同伸分けつ理論 遅発分けつ 常発分けつ

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

もち性はだか麦（以下「もち麦」とする）は、子実中に水溶性の食物繊維である β -グルカンを高量に含んでおり、コレステロールを低下させ、腸内環境を改善する機能的食品として注目されている。 β -グルカン含量は、穂肥や開花期追肥といった後期重点型追肥によってさらに高まることで知られているが、同時に遅れ穂が多く発生することから成熟にばらつきが出るとともに、収穫が遅れてしまうことが問題となっている。一方で、後期重点型追肥は、穂数を増やし多収となることから、遅れ穂のみを制御することができれば、多収・高 β -グルカンの栽培技術を確立することができる。そこで、これら背景から、遅れ穂発生のしくみを明らかにして、いかにして多収・高 β -グルカンの栽培技術を確立できるのかを明らかにする。

2. 研究の目的

これまでに後期重点型追肥によって開花期後4週目において遅れ穂が開花していることを明らかにしており、これが成熟するまで収穫期を遅らせることで多収・高 β -グルカン化が図れることも明らかにしてきた。まずは、①このような遅れ穂がいつ発生して、なぜこのように遅れて出現・開花するかについて明らかにする。さらに、②早期播種、密植栽培、肥培管理によってこの遅れを解消し、主茎の穂と分げつの穂の成熟のズレをできるだけ小さくできる栽培技術を3シーズンの試験を重ねて明らかにする。③こうした技術が実際に現場に適用できるかどうかをもち麦生産農家の圃場で2年間実証する。

3. 研究の方法

試験は、2019/2020年、2020/2021年、2021/2022年に山口大学農学部附属農場にて、もち麦品種「キラリモチ」を栽培し、施肥処理を行った。施肥処理は、2019/2020年と2020/2021年では窒素成分で元肥4g m^{-2} 、分げつ肥2g m^{-2} を施用した慣行施肥区(4200区)、これに穂肥6g m^{-2} と開花期追肥6g m^{-2} を施用した後期重点型施肥区(4266区)、さらに緩効性肥料(20日タイプMS20Hを成分とする麦類一発BB)を窒素成分で18g m^{-2} を元肥として施用した緩効性肥料区(BB区)を設けた。2021/2022年では、後期重点型施肥区の開花期追肥を開花期から2週間遅らせた乳熟期に施用した(2020/2021年を42660区、2021/2022年を42606区とした)。各年次とも施肥処理区を3反復乱塊法で配置した。収量は、1.5 m^2 を調査し、生育期間中に30個体を採取して中庸な20個体を用いてサンプリング調査を行った。分げつについては、同伸葉同伸分げつ理論(片山1951)をもとに1次分げつ、2次分げつそれぞれについて発生節位を調査した。さらに、開花期後2週目においても初発の第1葉が枯れていない遅れて出現した分げつを「遅発分げつ」として、その第1葉と第2葉の形状を調査するとともに、主茎ならびに分げつ期に発生した「常発分げつ」の第1葉と第2葉の形状と比較した。

4. 研究成果

子実収量は、4266区とBB区が4200区よりも多く、穂数が多く、全重が重かったことがその理由であった(第1表)。全重は、4266区とBB区が開花期から4週目までに常発分げつの乾物重が大きく増加したことで、その後成熟期までに遅発分げつの乾物重が増加したことで、増加した(第1図)。茎数は、最高分げつ期まで増加した後、開花10日後まで減少したが、4266区とBB区ではその後遅発分げつ数が増加したことにより増加した(第2図)。穂数も4266区とBB区では成熟期まで大きく増加した。

常発分げつの多くは、3月1日の調査時において、その初生葉が主茎第4~6葉と同伸葉となる同伸分げつである主茎第1~3節までから発生した1次分げつであった(第2表)。これに対して、開花期直前の3月26日の調査時では、その初発の葉が主茎第8葉、第9葉と同伸葉となる遅発の同伸分げつが主茎第5節・第6節の1次分げつならびに主茎・下位節の1次分げつから発生した2次分げつに観察された。開花期3週目となる4月22日の調査時では、初発の葉が主茎第7葉と同伸葉となる分げつのうち半数が遅発分げつであり、主茎第8葉と同伸葉となる分げつの大半が遅発分げつとなることが明らかとなった。

これら遅発分げつの形状を調査したところ、初発の第1葉が第2葉に比べて葉身長が半分以下と短く、ズングリとしていることを明らかにした(第3図)。この結果をもとに、成熟期後に収穫した分げつについて、初発の第1葉と第2葉の形状から常発分げつと遅発分げつとに分け、それぞれの穂に着生する粒重と稈長とを調査した。

4266区やBB区といった窒素の後期重点型追肥は、遅発分げつの発生割合を高めた(第4図)。遅発分げつは、常発分げつが600mm以上であったのに対して、400mmと短く、2.2mmの目の篩で除かれてしまう31mg未満のくず粒を着生するものが多かった。

2021/2022年には、2019/2020年と2020/2021年に開花期に施用していた追肥(42660区)を2週間遅らせて施用したところ(42606区)、31mg未満の粒を着生した分げつ数を減らし、無着粒の穂をもつ分げつ数を増やすことができた。開花期追肥の施用時期を遅らせることで、くず粒の数を減らすことで無効分げつへの乾物分配を減らせる可能性があることを明らかにした。

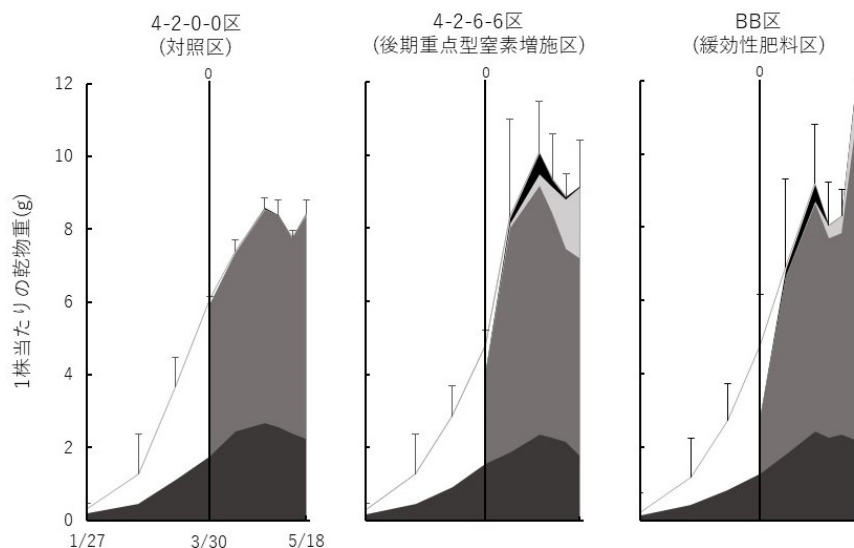
第1表 2019/2020年および2020/2021年における施肥処理の違いがはだか麦品種「キラリモチ」の子実収量、全重、収穫指数および収量構成要素に及ぼす影響

試験年次/施肥処理#1	子実収量 (gm^{-2})	全重 (gm^{-2})	収穫指数 (%)	穂数 (m^{-2})	一穂 粒数	子実重#2 (g)
2019/2020年						
対照区(4200区)	311	930	33.3	408	20.5	37.3
後期重点型施肥区(4266区)	459	1208	38.2	681	19.0	35.6
緩効性肥料区(BB区)	486	1294	37.6	642	20.2	37.6
有意差	*	*	ns	**	ns	*
2020/2021年						
対照区(4200区)	221	768	28.9	353	16.3	38.5
後期重点型施肥区(4266区)	279	855	32.6	539	13.1	39.5
緩効性肥料区(BB区)	298	1179	27.4	577	12.0	37.8
有意差	ns	ns	ns	ns	ns	ns

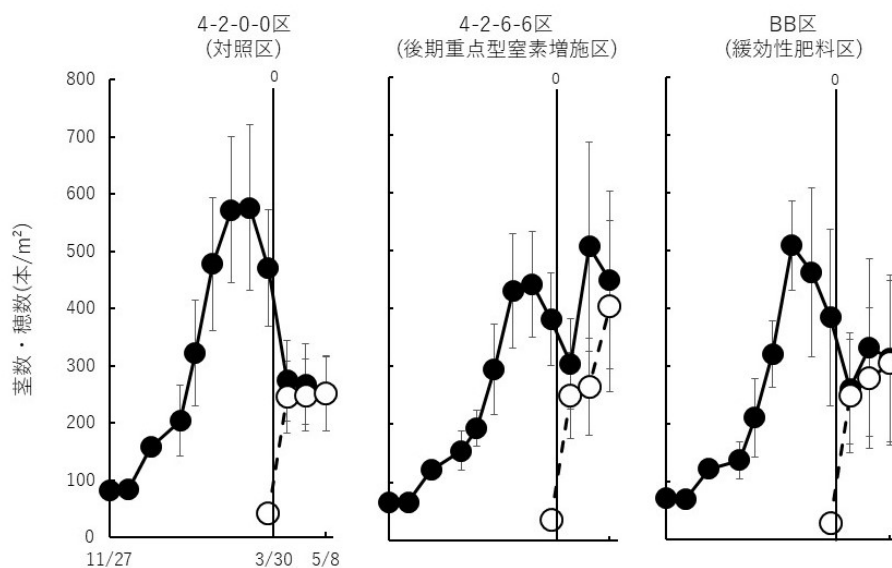
#1: 処理区()は、元肥-分けつ肥-穂肥-開花期追肥に施用した窒素量(gm^{-2})を示す。

#2: 子実収量、千粒重は子実の水分を13.5%として換算した。

分散分析乱塊法で**、*は1%、5%水準で有意差があることを示す。nsは有意差なし。



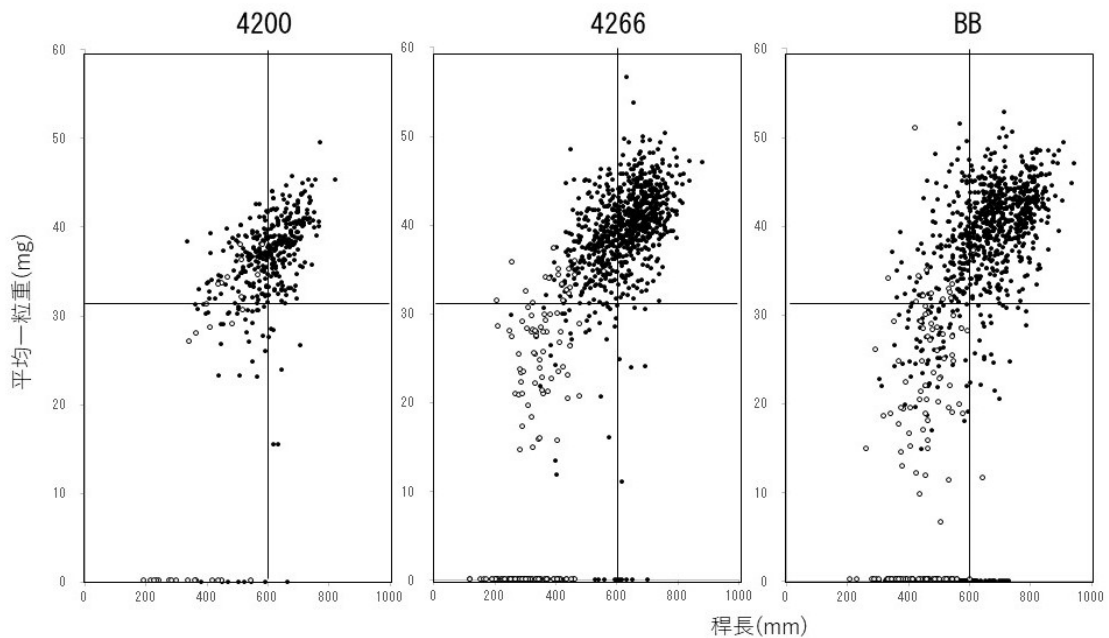
第1図 2020/2021年における施肥処理の違いがはだか麦品種「キラリモチ」の1株あたりの部位別乾物重の推移に及ぼす影響。
 ■：主茎 ■：出穂茎(常発分けつ) ■：出穂茎(遅発分けつ) □：未出穂茎(常発分けつ) ■：未出穂茎(遅発分けつ)
 3/30の縦線は開花期を示す。縦線の上の数字は開花後何日目かを示す。エラーバーは標準誤差を示す。



第2図 2020/2021年における施肥処理の違いがはだか麦品種「キラリモチ」の茎数、穂数の推移に及ぼす影響。
 ●：茎数 ○：穂数
 3/30の縦線は開花期を示す。縦線の上の数字は開花後何日目かを示す。エラーバーは標準誤差を示す。

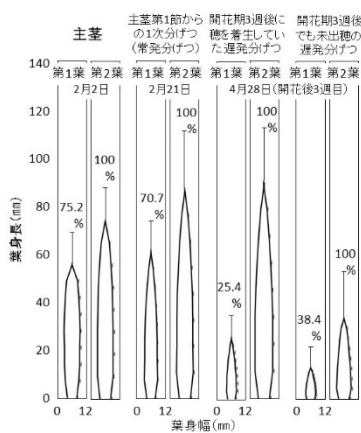
第2表 後期重点型の窒素増施(4266)がはだか麦品種「キラリモチ」の節位別の分けつ発生動向に及ぼす影響。

調査日	同伸となる主茎展開葉	3	4	5	6	7	8	9	10							
3月1日	一次分けつ	発生節位	P	1	2	3	4	5								
		出現率 (%)	59.8	100	97.8	92.4	70.7	6.5								
		遅発分けつの割合 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								
		枯死した割合 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								
	二次分けつ	発生節位			PP	1P	P1	11	2P	21						
		出現率 (%)			34.8	88.0	20.7	65.2	44.6	18.5						
		遅発分けつの割合 (%)			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
		枯死した割合 (%)			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0						
3月26日	一次分けつ	発生節位	P	1	2	3	4	5	6	7						
		出現率 (%)	17.9	100	98.8	90.5	71.4	29.8	10.7	1.2						
		遅発分けつの割合 (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	12.0	44.4	0.0						
		枯死した割合 (%)	6.7	1.2	2.4	15.8	30.0	16.0	11.1	100						
	二次分けつ	発生節位				1P	11	2P	21	12	3P					
		出現率 (%)				82.1	53.6	60.7	25.0	13.1	23.8					
		遅発分けつの割合 (%)				0.0	0.0	0.0	4.8	9.1	5.0					
		枯死した割合 (%)				21.7	44.4	37.3	47.6	36.4	45.0					
4月22日	一次分けつ	発生節位	P	1	2	3	4	5	6	7						
		出現率 (%)	14.0	100	98.8	89.5	68.6	53.5	36.0	7.0						
		遅発分けつの割合 (%)	0.0	0.0	0.0	6.5	40.7	73.9	96.8	100						
		枯死した割合 (%)	0.0	3.5	10.6	36.4	23.7	10.9	0.0	0.0						
	二次分けつ	発生節位				1P	11	2P	21	12	3P	13	22	31	23	32
		出現率 (%)				65.1	48.8	44.2	48.8	59.3	12.8	43.0	50.0	27.9	16.3	20.9
		遅発分けつの割合 (%)				3.6	26.2	7.9	64.3	86.3	45.5	97.3	97.7	91.7	100	94.4
		枯死した割合 (%)				26.8	31.0	15.8	14.3	9.8	18.2	5.4	0.0	4.2	0.0	5.6

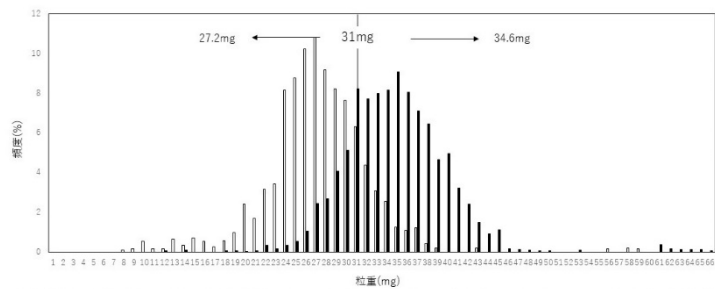


第4図 2020/2021年における施肥処理の違いがもち性二条はだか麦品種「キラリモチ」の常発分けつ、遅発分けつの1本あたりの稈長と1穂の平均一粒重の関係に及ぼす影響

●：常発分けつ ○：遅発分けつ
無着粒穂：遅発分けつのうち一穂粒数が0mgとなったもの



第3図 もち麦品種キラリモチの主茎ならびに常発・遅発分けつの第1葉と第2葉の形状



第5図 篩分けにより、もち性二条はだか麦品種「キラリモチ」を2.0mmから2.2mmの粒と2.2mmから2.4mmの粒に分けた時の粒重と頻度の関係

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 高橋肇・荒木英樹
2. 発表標題 もち性オオムギ品種における第1葉葉身の形状による遅発分けつの見分け方
3. 学会等名 第254回日本作物学会講演会、2022年9月20日・21日
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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------