

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450021

研究課題名(和文) コムギの枯れ熟れ様登熟不良の原因を解明し、改良施肥法で症状を緩和させる

研究課題名(英文) Investigation in causes of abnormally early ripening of wheat and verification trials of modified N application

研究代表者

荒木 英樹 (Araki, Hideki)

山口大学・創成科学研究科・准教授

研究者番号：90346578

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：熊本県大津町のミナミノカオリの多収地帯において、枯れ熟れ様登熟不良に関する栽培試験および現地圃場の調査を行った。枯れ熟れ様登熟不良は試験圃場では発生しなかったが、現地の様子から、発症圃は1)ダイズあとの圃場であること、2)11月中に播種した圃場であること、3)生育初期の生育が旺盛であり茎立ち期には過繁茂傾向であること、などの傾向があった。穂肥重点施肥法は、穂数を増やすことにより多収となることが明らかとなった。また、窒素蓄積量が多くなり、子実タンパク質含有率も高くなった。2016/17年の圃場では枯れ熟れ様登熟不良の症状を軽減していることから、今後も継続的な調査が必要であると考えられた。

研究成果の概要(英文)：In wheat producing area, Ozu town, Kumamoto Prefecture, we examined the potential causes of abnormally early ripening (ARE) of wheat, and tested modified N application, intensive nitrogen fertilization during stem elongation (INFSE), to alleviate the symptom of ARE. In cropping seasons of 2013/14, 2014/15 and 2015/16, ARE did not appear in the test field. However, ARE appeared in field where seeds were sown in early dates, where the wheat was sown following soybean cropping and where vegetative growth just before stem elongation stage was vigorous. INFSE improved yield and protein content of grain in wheat as N accumulation in aboveground increased. This N application could be useful to alleviate ARE symptom because early senescence was restricted in 2016/17.

研究分野：作物学

キーワード：枯れ熟れ様登熟不良 パン用コムギ品種 ミナミノカオリ 穂肥重点施肥 早枯れ 登熟障害 窒素蓄積

1. 研究開始当初の背景

コムギの枯れ熟れ様登熟不良とは、西日本を中心に発生するコムギやオオムギの登熟不良で、「枯れ熟れ」とも呼ばれる。枯れ熟れ様登熟不良を発生すると、開花 10~20 日後に急激に葉や穂が枯れ上がり、子実の発達が抑制されて千粒重や収量が減少する。多くの場合、発症前には群落の外観に異常はなく、発症を予測することは困難である。この登熟障害は、同じ圃場でも場所によって発症程度が異なる。同一の圃場で同じ品種を栽培しても、年次によって発症したり発症しない年もある。

ミナミノカオリはパン用コムギ促進策によって、今後も作付けが拡大する見通しである。実需者からの評価も高く、耐性品種は早急には普及できない状況である。

これまでの研究で最も問題となっていたのは、発症前から観察・実験できる環境づくりである。枯れ熟れ様登熟不良は、毎年必ず発症する圃場が得られておらず、発症前から根や葉の状態を継続して調査ができる試験環境が得られていなかった。例えば、発症したオオムギでは、一部の事例で、乳熟期に根が褐変したり導管が閉塞する(古川・越生 1962, 中国農業試験場報告 A 7)ことが報告されているが、コムギでは、発症するまでの間に根量の増減や根の生理にどのような異常が発生するのかが明らかにされていない。

そこで申請者が行った先行試験では、次のような結果が得られた。

- (1) 出穂前に窒素施肥量を増量した区画では、登熟期の早期枯死が遅延され、千粒重の低下も大幅に軽減された。
- (2) 窒素施肥量を減らした区画では、開花後に葉の含水率が早く低下し、3 週間以上早く枯死した。
- (3) 穂を切除してシンク制限した個体では、葉が早く枯死しなかった。

これらの結果から、枯れ熟れ様登熟不良を発生する個体では、根系で何らかの障害が起こり、養水分吸収能が低下していると予想された。登熟期には、子実の窒素要求量が増す一方で窒素吸収量は高まらず、葉の窒素化合物が分解されて子実に再転流される結果、枯死が早まると予想された。

2. 研究の目的

- (1) 発症個体と未発症個体において、窒素吸収量や窒素濃度を発症前から調査し、上記の作業仮説(発症個体は窒素不足になっている)を検証する。
- (2) 根の発育量や、窒素吸収および窒素代謝に関係する酵素活性を、発症前から調査する。
- (3) 春先にダイズ残渣が急激に分解されることから、有機物の分解による土壌の窒素飢餓が、発症の助長要因になっているかどうかを検証する。

(4) ダイズ跡作でも発症が低減できる改良施肥法のプロトコルを策定する。

3. 研究の方法

現地試験は、熊本県大津町の農家圃場で実施する。先行試験では、熊本農業研究センター(研究協力者、坂梨二郎)、九州沖縄農業研究センター(研究協力者、中村和弘)、JA 菊池との間で共同研究体制を形成しており、本申請課題でもその体制を継続する。

現地調査では、申請者や大学院生(原美由紀、水田圭祐)が主導的に調査にあたった。4 月中旬以降に調査が立て込むときは、研究室の学部生(2~3 名)を追加して作業を支援した。

【2013/14 作期】

大津町のミナミノカオリ発症圃場において、慣行分施肥区と穂肥重点施肥区、さらにそれぞれの中にダイズ残渣を撤去した区とダイズ残渣を 2 倍鋤き込んだ区を設けた。これらの処理区は、圃場の中に 4 ブロック設け、枯れ熟れ様登熟不良が局所的に発生しても分析が可能になるように配慮した。

当該年度に使用した圃場の管理者は、近隣の施肥基準よりも大幅に施肥する傾向があり、試験区以外の群落は甚大に倒伏した。その影響で試験区でも群落がなぎ倒され、枯れ熟れ様登熟不良の発生様相が明確には判断できなくなった。

試験圃場以外の農家圃場では、およそ 2~3 割の圃場で枯れ熟れ様登熟不良が発生した。そのうち一筆では、福岡県筑後市の圃場で発症した枯れ熟れ様登熟不良において、発症程度が異なる品種群を栽培した。その圃場は軽度の枯れ熟れ様登熟不良が発症し、感受性品種とされる「きぬいろは」では千粒重が軽く、耐性品種とされる「チクゴイズミ」では千粒重が重かった。

この結果から、大津町で発生する枯れ熟れ様登熟不良も、九州のほかの地域で見られる枯れ熟れ様登熟不良と同じか類似した原因であると推察された。

表 2013/14 年の試験圃場で枯れ熟れ様登熟不良の耐性検定に供した主な品種の千粒重および一穂粒数。

品種 (n)	(n)	千粒重 (g)	一穂粒数
チクゴイズミ	3	51.5 ± 1.5	39.0 ± 1.0
農研小麦 1 号	2	40.7	34.0
ミナミノカオリ	3	32.5 ± 3.2	31.1 ± 3.2
きぬいろは	2	31.5	28.3

値は平均値 ± 標準誤差を、n は反復数を示す

【2014/15 作期, 2015/16 作期】

2014/15 年作期では隣り合う圃場 2 筆をにおいて、前年と同様に慣行分施肥区と穂肥重点施肥区を 4 ブロックずつ設けた。2015/16 年は、1 筆で同様の試験区を設けた。さらにこれらの圃場では、慣行分施肥区に基肥を増肥した区や、穂肥重点区で穂肥を増肥した区を設

け、収量が高まるかどうかを検証した。

枯れ熟れ様登熟不良は、早まきでかつ生育初期が温暖な年に多発するといわれているが、いずれの年もダイズの収穫作業が遅延し、さらに天候不順となったこともあり、播種日が近隣圃の播種開始 11 月 20 日に対して 12 月 3 日～10 日と遅れた。これが影響したためかは不明であるが、いずれの年も枯れ熟れ様登熟不良は発症しなかった。

穂肥重点施肥法により、ミナミノカオリの収量や品質は高まった。2014/15 年の収量は、慣行分施肥区で  $492 \text{ g m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で  $567 \text{ g m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区で有意に高かった。慣行基肥 2 倍区の収量は  $498 \text{ g m}^{-2}$  と、慣行分施肥区に比べて増加しなかった。穂肥重点 2 倍区の収量は  $558 \text{ g m}^{-2}$  と、穂肥重点施肥に比べて増加しなかった。2015/16 年の収量は、慣行分施肥区で  $582 \text{ g m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で  $607 \text{ g m}^{-2}$ 、穂肥重点多肥区で  $581 \text{ g m}^{-2}$  と処理区間で有意な差はなかった。

全乾物重は、2014/15 年では最も軽かった慣行分施肥区で  $1234 \text{ g m}^{-2}$ 、最も重かった穂肥重点施肥区で  $1395 \text{ g m}^{-2}$  であったが処理区間で有意な差はなかった。2015/16 年ではいずれの処理区も  $1300 \text{ g m}^{-2}$  程度と有意な差はなかった。

収穫指数は、2015/16 年は 2014/15 年に比べて 5% 程度高かったが、両年次とも処理による有意な差はなかった。

2014/15 年の穂数は、慣行分施肥区で 507 本  $\text{m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で 605 本  $\text{m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区で有意に多かった。慣行基肥 2 倍区の穂数は 565 本  $\text{m}^{-2}$  で慣行分施肥区に比べてやや増加したが、穂肥重点施肥区に比べて少ない傾向があった。穂肥重点 2 倍区の穂数は 638 本  $\text{m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区に比べて有意な差はなかった。2015/16 年は、慣行分施肥区で 531 本  $\text{m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で 557 本  $\text{m}^{-2}$ 、穂肥重点多肥区で 584 本  $\text{m}^{-2}$  と、処理区間で有意な差はなかったが、穂肥重点施肥区と穂肥重点多肥区でやや多い傾向があった。

一穂粒数は、2014/15 年では 26.5～29.2 粒であったのに対し、2015/16 年では 35.3～38.1 粒と 2015/16 年で 10 粒程度多かった。いずれの年次も穂肥重点施肥区と慣行分施肥区との間に有意な差はなかった。

千粒重は、2014/15 年では 36.3 g～37.5 g であったのに対し、2015/16 年では 33.9～35.6 g と、2014/15 年が 2015/16 年に比べて 3 g 程度重かった。いずれの年次も穂肥重点施肥区と慣行分施肥区との間に有意な差はなかった。

2014/15 年の子実タンパク質含有率 (GPC) は、処理区間で差がなかったが、慣行分施肥区と慣行基肥 2 倍区でそれぞれ 8.9% および 8.6%、穂肥重点施肥区と穂肥重点 2 倍区でそれぞれ 9.1% および 10.0% と、穂肥重点施肥区で高い傾向があった。2015/16 年は、慣行分施肥区で 12.5%、穂肥重点施肥区で 13.8% と、穂肥重点施肥区で有意に高かった。穂肥

重点多肥区の子実タンパク質含有率も、13.8% と高かった。

成熟期の草丈は、2014/15 年の穂肥重点施肥区と穂肥重点 2 倍区では、茎立ち期前後に窒素施肥量を増加したにもかかわらず、それぞれ 88.7 cm、88.1 cm と、慣行分施肥区や慣行基肥 2 倍区に比べて 2.2～3.1 cm 有意に低かった。2015/16 年の草丈も全ての処理区で約 93 cm となり、穂肥重点施肥区や茎立ち開始期 (GS30) と茎立ち期 (GS32) に窒素を合わせて  $14.6 \text{ g m}^{-2}$  施用した穂肥重点多肥区でも差がなかった。

いずれの作期も倒伏は発生しておらず、倒伏程度はすべての処理区で 0 (無) であった。

穂肥重点施肥で穂数が増加した原因は、主茎高位節から発生した分げつが有効化しやすいためであった。有効化した茎の発生率は、主茎では慣行分施肥区が 95.7%、穂肥重点多肥区が 97.3% と一部が無効化していたが、穂肥重点施肥区では 100% 有効茎が発生した。主茎第 1 節分げつでは、いずれの処理区でも有効化した茎の発生率が 97% 程度であった。主茎第 2 節分げつでは、慣行分施肥区で 76.6%、穂肥重点施肥区で 78.4% と同程度であったのに対し、穂肥重点多肥区では 89.2% と慣行分施肥区に比べて有意に高かった。主茎第 3 節分げつの有効化した茎の発生率は、慣行分施肥区が 19.1%、穂肥重点施肥区が 62.2% と穂肥重点施肥区で有意に高かった。これは、穂肥重点施肥区では茎の発生率が 64.9% と、慣行分施肥区の 21.3% に比べて高いためであった。穂肥重点多肥区の主茎第 3 節における有効化した茎の発生率も、48.6% と慣行分施肥区に比べて有意に高かった。鞘葉節分げつの有効化した茎の発生率は、いずれの処理区でも 40% 程度であった。

ミナミノカオリの窒素蓄積量は、穂肥重点施肥により有意に多くなった。2015/16 年作期では、穂揃い期における地上部全体の窒素蓄積量は、慣行分施肥区で  $12.0 \text{ g m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で  $13.5 \text{ g m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区でやや多い傾向があった。穂揃い期から成熟期にかけては、慣行分施肥区で  $3.6 \text{ g m}^{-2}$  増加したのに対し、穂肥重点施肥区では  $5.3 \text{ g m}^{-2}$  増加した。また、穂揃い期から成熟期にかけて茎葉から穂に転流した窒素量は、慣行分施肥区で  $6.0 \text{ g m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で  $6.8 \text{ g m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区でわずかに多かった。成熟期では、穂の窒素蓄積量と茎葉の窒素蓄積量のいずれも穂肥重点施肥区で有意に多く、地上部全体の窒素蓄積量が慣行分施肥区で  $15.6 \text{ g m}^{-2}$ 、穂肥重点施肥区で  $18.8 \text{ g m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区で有意に多かった。

穂肥重点多肥区は、穂揃い期では地上部全体の窒素蓄積量が  $16.6 \text{ g m}^{-2}$  と慣行分施肥区や穂肥重点施肥区に比べて多い傾向であった。しかし、穂揃い期から成熟期にかけて吸収した窒素量が  $1.8 \text{ g m}^{-2}$  と少なく、成熟期の窒素蓄積量が  $18.4 \text{ g m}^{-2}$  と穂肥重点施肥区と同程度にとどまった。

このように、穂肥重点施肥はミナミノカオリの窒素蓄積量を増やし、有効化する分けつの割合を高めることにより多収と高品質が実現することが明らかとなった。また、登熟期間中の窒素吸収量も多いことから、登熟不良に対する対処法になる可能性が示唆された。

#### 【2016/17年作期】

本課題の研究期間の間に、試験を実施した圃場で顕著な枯れ熟れ様登熟不良は発生しなかった。しかし、枯れ熟れ様登熟不良の発生メカニズムの解明は極めて重要であるため、2016/17年作期でも現地の協力により圃場試験を実施することとした。

2017年5月に調査した結果、試験圃場では一部の区画において枯れ熟れ様登熟不良が発症していた。写真のように、慣行分施肥区では、開花からおよそ20日間経過した段階で穂が枯れ始めているが、穂肥重点施肥区では茎葉の枯れ方が緩やかであった。今後この群落において、収量や千粒重などの詳細な調査を行う予定である。



穂肥重点  
施肥区  
慣行分施肥区

2017年5月17日に撮影

#### 4. 研究成果

熊本県大津町のミナミノカオリの多収地帯において、枯れ熟れ様登熟不良に関する栽培試験および現地圃場の調査を行った。

枯れ熟れ様登熟不良は試験圃場では発生しなかったが、現地の様子から、発症圃は(1)ダイズあとの圃場であること、(2)11月中に播種した圃場であること、(3)生育初期の生育が旺盛であり、茎立ち期には過繁茂傾向であること、などの傾向があった。

穂肥重点施肥法は、ミナミノカオリにおいて登熟期まで葉の窒素含有率を高くし、穂数を増やすことにより多収となることが明らかとなった。また、子実タンパク質含有率も慣行分施に比べて高くなった。2016/17年の圃場では枯れ熟れ様登熟不良の症状を軽減していることから、今後も継続的な調査が必

要であると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

水田圭祐・荒木英樹・中村和弘・松中仁・丹野研一・高橋肇 題名：パン用コムギ品種ミナミノカオリにおける穂肥重点施肥が収量や子実タンパク質含有率におよぼす影響 学会名：日本作物学会 掲載誌名：日本作物学会紀事(印刷中). 査読有り。

〔学会発表〕(計 2件)

水田圭祐・荒木英樹・中村和弘・松中仁・丹野研一・高橋肇 穂肥重点施肥で栽培したミナミノカオリの収量形成、分けつ発生パターンおよび群落の窒素蓄積 日本作物学会 日本作物学会第242回講演会要旨集 P38 龍谷大学瀬田キャンパス(大津市瀬田大江町横谷1番5) 2016年9月10日. 査読無し。

水田圭祐・荒木英樹・丹野研一・高橋肇・中村和弘 茎立ち開始期と止葉抽出期のみに施肥する栽培体系が、熊本県の2015年産ミナミノカオリの成長や収量におよぼす影響 日本作物学会 日本作物学会中国支部研究集録第55号 P43-P44 鳥取大学(鳥取県鳥取市湖山町南4丁目101) 2015年7月29日. 査読無し。

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

荒木 英樹 (Araki Hideki)

山口大学・創成科学研究科・准教授

研究者番号：90346578

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者

坂梨 次郎 (Sakanashi Jiro)

中村 和弘 (Nakamura Kazuhiro)