

令和 4 年 6 月 9 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K05997

研究課題名(和文) コムギにおける登熟期の早枯れ障害における植物体内窒素の役割

研究課題名(英文) Role of nitrogen metabolism on abnormally early senescence of wheat during grain filling

研究代表者

荒木 英樹 (Araki, Hideki)

山口大学・大学院創成科学研究科 ・教授

研究者番号：90346578

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、早枯れを引き起こす一連の生理過程を明らかにするために、窒素欠乏条件下と過湿土壌ストレス条件下で早枯れするコムギの枯れる時期や葉身窒素代謝の変化を明らかにした。通常よりも早く枯れ上がった低窒素条件下や高地下水水位条件下では、開花15日ごろから黄化し、葉のプロテアーゼ活性もそれに先立って上昇したが、葉のタンパク質含有率はさらに前の開花期ごろから低下していた。登熟期の窒素蓄積増加量は、早枯れした群落で低く、とくに最上位の葉では早くに減少した。早枯れは、葉や穂への窒素供給不足が原因であると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国の小麦生産において、登熟不良は多収化を妨げる要因となる。本研究の成果により、早枯れを起こす群落では、外観的な枯れ上がりの症状が分かる前から葉の中でタンパク質含有率が低下していることを明らかになった。また、葉への窒素蓄積にも少ないことを明らかにした。こうしたコムギの特徴は、窒素代謝に関連する遺伝子やその制御システムに関連していると考えられ、さらにこの点を明らかにすることによって、早枯れによる登熟不良が起きにくい多収型の小麦品種が作出できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, in order to clarify the series of physiological processes that cause abnormally early senescence in wheat, we clarified the time of withering and changes in leaf blade nitrogen metabolism of wheat that withered prematurely under nitrogen-deficient conditions and under high groundwater level conditions. In the both stress conditions, leaf yellowing occurred around the 15th day after anthesis, and the protease activity of the leaves increased prior to that, but the soluble protein content of the leaves was further lowered before anthesis. The increase in nitrogen accumulation during ripening was low in wheat grown at high groundwater level, especially in the flag leaves. The abnormally early senescence of wheat was thought to be due to insufficient nitrogen supply to the leaves and spikes.

研究分野：作物学

キーワード：コムギ 枯れ熟れ 登熟不良 窒素代謝 過湿土壌ストレス 窒素欠乏 プロテアーゼ 老化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

通常、作物の登熟に伴う茎葉の枯死は、それまでに蓄積した養分を子実などの繁殖器官に供給するための正常な営みである。しかし、コムギでは、通常 40 日余を要する登熟が、茎葉の異常な早枯れにより 10 日以上も早まる登熟障害が起こりえる。とくに、この障害（以下、早枯れ障害という）は、過湿土壌ストレスを経験した群落や、枯れ熟れ様登熟不良（原因は未特定）を発症する産地においてみられ、作況指数を下げ得るほどの影響力がある（例：2011 年大雨で九州地域の作況指数が 72 となった。埼玉県や熊本県の多収圃場では枯れ熟れ様登熟不良が発症すると収量が最大 30% 程度低下する）。

湿害および枯れ熟れ様登熟不良の被害を耕種学的や育種学的に解決するためには、「枯れ」に至るプロセスの解明、および「枯れ」が早まる機作の解明が必要となる。しかし、「枯れ」に至るプロセスは、ナスナなどのモデル植物でも研究事例が乏しく、のプロセスすら未整理であるため、現状ではのプロセスを解明することが難しい。

2. 研究の目的

本研究では早枯れ障害にいたる生理プロセスに関する仮説（下記）を検証するために、先行試験によって特定した 2 つの早枯れ発症圃場（枯れ熟れ様登熟不良、湿害）を対象として、早枯れする個体と早枯れしない個体の間で、窒素吸収量や体内の窒素化合物含有率の変化を比較する。また、耐性に明確な品種間差がある枯れ熟れ様登熟不良については、早枯れ発症圃場において窒素代謝等における違いを明らかにする。

本研究で設定した仮説：

引き鉄：茎葉の窒素蓄積不足または根系からの窒素供給不足が起こる。

窒素飢餓：葉身内の窒素化合物プールで代謝物の減少が顕著になる。

早枯れの誘導：タンパク質分解酵素が発現し、窒素化合物の再転流が始まる。

枯死：光合成関連タンパク質の分解が進み、光合成機能（炭素同化）ができなくなる。細胞死が進む。

3. 研究の方法

本研究では、早枯れを起こす実験系として生育後期に窒素肥料欠乏が起きる試験区、ならびに地下水位が高く登熟期に早枯れしやすい試験区を設けた。前者では、慣行分施と穂肥重点施肥にそれぞれ開花期追肥有区および開花期追肥無区を設けることで窒素施肥量に差をつけて、葉身窒素代謝物の増減時期を明らかにした。また、登熟期にコムギ群落に遮光処理を施し、無遮光区と窒素代謝を比較することで光が老化に及ぼす影響を明らかにした。後者では、同一圃場で地下水位が異なる圃場において、枯れ熟れ耐性の異なるコムギ 2 品種である「せときらら」と「はる風ふわり」を栽培し、地下水位と品種の違いが窒素代謝に与える影響を明らかにした。また、開花期に安定同位体である ^{15}N を施用することで、早枯れと窒素吸収量の関係も明らかにした。

4. 研究成果

窒素欠乏と高地下水位による早枯れの比較

本研究では、生育後期に窒素欠乏になる条件と高地下水位圃場において、早枯れするコムギの葉の窒素化合物（可溶性タンパク質、アミノ酸）や葉緑素含量（SPAD）、窒素蓄積量、プロテアーゼ活性などをそれぞれの対照区と比較してその特徴を明らかにした。2 つの条件で早枯れした葉の窒素代謝などは概ね同様であることから、高地下水位（過湿土壌ストレス）による早枯れにも、葉内部の窒素欠乏が関係している可能性が高いことを明らかにした。

見た目の黄化・枯死に至る前に、窒素代謝物として水溶性タンパク質含有率が低下する

葉緑素計値（SPAD）は、開花前から開花後 15～20 日の間に低下し始め、開花後 30 日前には測定できなくなった。すなわち、見た目の黄化や枯れ上がりといった外観的老化は、子実肥大が始まる開花後 15 日以降に開始していた。また、窒素欠乏となる施肥区や高地下水位区では、SPAD の低下時期が数日早かった。

葉のプロテアーゼ活性は、開花前から開花後 10 日頃までは低い水準で推移したが、それ以降に急激に高まった。プロテアーゼ活性の上昇は葉緑素計値が低下する前から始まることから、このプロテアーゼ活性の上昇は、葉の色素系タンパク質の分解に関わっていると考えられた。また、窒素欠乏となる施肥区や高地下水位区では、SPAD とは逆に、プロテアーゼ活性が上昇するタイミングは数日早いような傾向を示した。

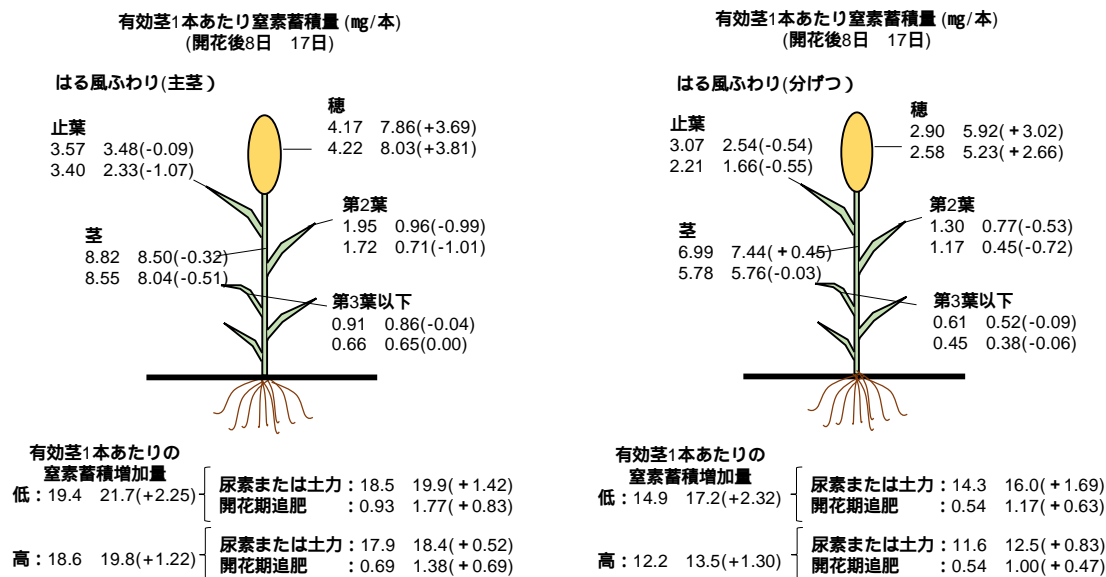
一方で、葉の可溶性タンパク質含有率は、開花前が最も高く乾物重に対して 6～8% であったが、開花日前後の SPAD が高い状態でも徐々に低下していった。窒素欠乏となる施肥区や高地下水位区では、窒素欠乏がない施肥区や低地下水位区と比べて元々の窒素含有率が 1～1.5% 低く、

いずれの同様の低下速度で低下した。

葉のアミノ酸濃度は開花前から開花前からプロテアーゼ活性が上昇した開花後 15 日頃までは一定で、処理区に関わらず概ね 0.6%前後であった。

高地下水位区の群落は、窒素蓄積増加量が少ない

高地下水位区と低地下水位区のコムギを対象に、稈(茎+葉身+穂)あたりの窒素蓄積量の推移を測定した。早枯れの兆候がみられやすい品種「はる風ふわり」では、開花後 8 日の主茎の有効茎当たり窒素含有量は、高地下水位区が低地下水位区に比べて少なかった。開花後 17 日でも低地下水位区の稈当たり 21.7 mg に比べて、高地下水位区で稈当たり 19.8 mg と少なかった。とくに、高地下水位区では止葉の窒素含有量が低地下水位区に対して 1.07 mg と低く、高地下水位区の止葉で葉緑素計値やプロテアーゼ活性が早く変動した原因は、窒素供給不足であることを示唆した。



第 1 図 2020/21 年作期における「はる風ふわり」の開花後 8 日 (¹⁵N 施肥後 8 日) と開花後 17 日 (¹⁵N 施肥後 17 日) に採取した主茎および分けつの茎 1 本当たりの穂, 稈(茎部+葉鞘), 止葉, 第 2 葉, 第 3 葉以下の窒素含有量(左:主茎 右:分けつ)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔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 上野皓峰・水田圭祐・高橋肇・荒木英樹
2. 発表標題 同一圃場における地下水位の違いがコムギの葉色，収量および収量構成要素に及ぼす影響
3. 学会等名 日本作物学会第251講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野皓峰・水田圭祐・高橋肇・真野純一・荒木英樹
2. 発表標題 地下水位が異なるコムギ群落における登熟期の葉身窒素代謝および水分状態
3. 学会等名 日本作物学会第251講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上野皓峰・水田圭祐・山本千莉・高橋肇・柴田勝・真野純一・荒木英樹
2. 発表標題 穂肥重点施肥と開花期追肥がコムギ葉身の窒素代謝に及ぼす影響
3. 学会等名 日本作物学会第249回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒木英樹
2. 発表標題 麦類の「枯れ熟れ」の発症原因を考える
3. 学会等名 麦収量アップ研修会（全国農業協同組合連合会愛媛県本部主催・愛媛県農林水産研究所）（招待講演）
4. 発表年 2019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
---------	---------