

平成 28 年 8 月 30 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450027

研究課題名(和文) 雑穀の複合環境ストレス耐性機構の解析

研究課題名(英文) Studies on mechanisms of tolerance to combined stress among millets

研究代表者

松浦 朝奈 (Matsuura, Asana)

東海大学・農学部・准教授

研究者番号：30299672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)： 雑穀数種を用いて土壤乾燥、高塩濃度、低酸素の複合ストレスに対する成長と収量の反応を解析した。塩(120mM)と低酸素(対照区の20%)の複合ストレス耐性はヒエ>キビ>サマイ>コルネの順に強かった。その理由は、通気組織を発達させて高い低酸素ストレス耐性を示したためと考えられた。塩と低酸素ストレスの成長低下はカルシウム10mMの添加によって緩和された。

土壤乾燥と高塩濃度の複合ストレス耐性は、キビ>ヒエ>アワ>コルネの順に強かった。キビやヒエの乾燥・塩の複合ストレス耐性がアワやコルネより強かったのは、ナトリウムの蓄積が少なく、植物個体の成長を大きく低下させなかったためであると考えられた。

研究成果の概要(英文)： Responses of growth and grain yield of millets to combined stress (drought and salinity or hypoxic and salinity) were investigated. The plant growth rate of *Echinochloa utilis* Ohwi et Yabuno and *Panicum miliaceum* L. were higher than that of *Setaria italica* (L.) P.Beauv. and *Brachiaria ramosa* L. and this showed *E. utilis* and *P. miliaceum* had more tolerance to combined stress (120mM NaCl and 20% oxygen compared to control). The decline of growth by combined stress was mitigated by application of calcium. The decrease of grain yield of *E. utilis* and *P. miliaceum* were higher than those of *S. italica* and *B. ramosa* and this showed *E. utilis* and *P. miliaceum* had more tolerance to combined stress (drought and 120 mM of NaCl).

研究分野：作物学分野

キーワード：雑穀 環境ストレス耐性 収量 根

1. 研究開始当初の背景

現在、世界では、日本の耕地面積より多い500万haの耕地が砂漠化しており、その合計は37億haに達するといわれている。その中で乾燥と塩害が同時に起こる地域も多い(Clermont-Dauphin et al. 2010)。また、土壌の塩類集積も5大陸全てで進行しており、世界の農地面積15億haの約25%に及ぶ。世界の灌漑農地2.55億haでは、全食料の40%を生産しているが、その20%で湿害と塩害が同時に起こっており(Kapoor 2003)、塩湿害を受ける面積は増加しつつある(Wichelns and Oster 2006)。

土壌の乾燥は作物の収量を低下させる主な要因であり、近年の気象変動により水不足が頻繁に起こり、ますます作物の収量を低下させるといわれている(Parry et al., 1999)。耐乾性作物の作出は、土壌が乾燥した地域において食料生産を維持する方策の一つであるが、耐乾性の形質やそのメカニズムが不明なため、なかなか進展がないという(Bernier et al., 2009)。不良環境地で作物を栽培する場合、環境ストレスに弱い時期や、収量を規定する作物側の要因を明らかにすることは作物学研究的の第一歩であるが雑穀についてはそれすら不明な点が多い。

2. 研究の目的

雑穀4種を用いて出穂前後の土壌表層における乾燥が収量に及ぼす影響を調べ、キビ属2種よりエノコログサ属2種のほうが生育時期全てにおいて根の発達に基づく乾燥回避性が強いことを明らかにした(Matsuura et al. 2012)。このように、収量を左右する時期や形質を明らかにして作物側の形質を明らかにしない限り、遺伝子レベルで改変しても収量を改善することは困難であると考えられる。また、広範な土壌水分を考慮すると、さらに厳しい水ストレス環境におかれた場合の雑穀の収量反応や水利用効率(一定の収量を得るためにどのくらいの水が必要か)についても明らかにする必要がある。イネ・オオムギ(John et al. 1977)、コムギ(Barrett-Lennard 1986)、トウモロコシ(Drew et al. 1988)、ソラマメ・トマト(West and Taylor 1980)などを対象に、2日~17日の短期間に40~90mMの塩濃度で塩湿処理を行った報告がある。いずれの場合も、葉や地上部のナトリウム含有率は、塩ストレスのみで栽培した場合より過湿ストレスが加わった場合の方が増加したことから、塩ストレスに過湿ストレスが加わると単独のストレスよりも成長は減少することが明らかになった。一方、塩生植物の中には、塩湿害を受ける環境下でも根の生育が旺盛なものは地上部の成長も旺盛であることが報告されている(Song 2009)。根は、湿害や塩害に直面する器官であるため、これらのストレスによって最初に影響を受け、養水分吸収能が大きく変化する(Barrett-Lennard 1986, Matsuura et al. 2005)。一般に、耐湿性の強い植物は、

酸素不足を回避するため、根の内部に通気組織を発達させることが知られている。作物によっては、湿害の有無にかかわらず、通気組織を発達させるものや発達させないものなどいろいろあり、作物と通気組織の発達程度に一定の関係があるかどうかは目下のところ不明である(間野・小柳 2010)。Saqibら(2005)はコムギで塩湿害に強い品種は、根で通気組織をよく発達させ、Naの排出能を高く維持したために成長を大きく低下させなかったことを報告している。カルシウムはナトリウムが植物体内に過剰に吸収されることを抑制するため、塩害を軽減することが知られており、石膏などは塩類集積地において重要なカルシウム源として施用されている。ソーダ質土壌において塩生植物を使用して炭酸カルシウムからカルシウムを溶出し、塩害を軽減する方法はカルシウムだけの施用と同様にイネやコムギの収量を増加することが報告されている(Qadir et al. 2001)。以上のように、イネ・コムギ・トウモロコシなど雑穀以外の環境ストレスに対する研究は多いが、雑穀について体系的に詳細に調べた研究は見当たらない。

3. 研究の方法

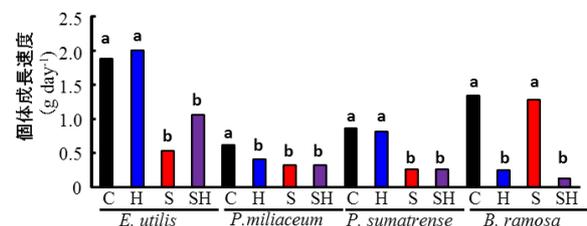
本研究の期間は、平成25年度から27年度の3年間で予定している。

初年度には、雑穀数種を用いて、土壌の乾燥、塩、過湿およびそれらを合わせたストレス条件を設定して収穫まで栽培し、雑穀の収量反応とそれを規定する形質を明らかにする。2年目には、初年度に用いた雑穀を対象とし、ストレスを与える時期を変えて収量反応を調査し、ストレスに弱い時期を明らかにする。3年目には、2年目の結果から環境ストレスに弱い時期にカルシウムを施用してストレス害軽減効果を明らかにする。以上の結果を総合的に検討し、複合ストレス条件に対する雑穀の耐性機構を生理生態学的に明らかにするとともに、カルシウム施用のストレス害軽減効果を明らかにする。

4. 研究成果

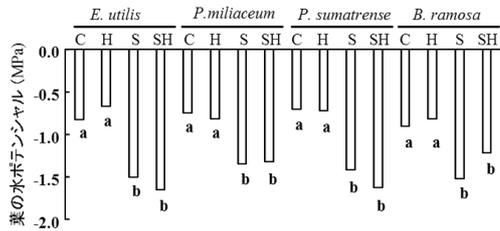
(1) 塩・低酸素複合ストレスに対する成長反応

収穫時における塩水低酸素区の個体成長速度の絶対値から、供試した雑穀4種の複合ストレス耐性はヒエ>キビ>サマイ>コルネの順に強いことが明らかになった。



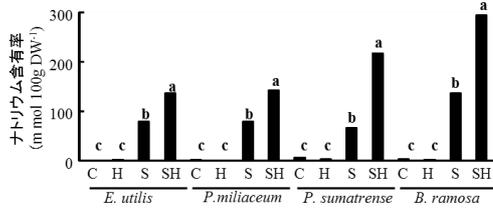
塩と低酸素の複合ストレスが雑穀4種の個体成長速度に及ぼす影響。
C= 対照区, H=低酸素, S=塩, SH=低酸素と塩。

葉身木部の水ポテンシャルと葉身の浸透調整には明らかな種間差異は認められなかった。



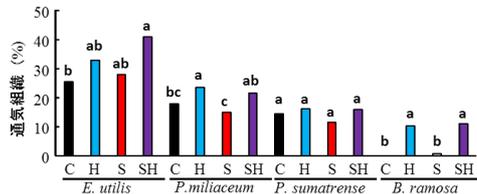
塩と低酸素の複合ストレスが雑穀4種の葉の水ポテンシャルに及ぼす影響。

葉身の Na 濃度は全ての雑穀において塩水処理により増加し、塩水区より複合ストレス区で著しく増加した。



塩と低酸素の複合ストレスが雑穀4種の葉のナトリウム含有率に及ぼす影響。

複合ストレス区の通気組織の割合はヒエ > キビ サマイ コルネの順で大きかった。



塩と低酸素の複合ストレスが雑穀4種の冠根の通気組織の生成に及ぼす影響。

冠根のスベリンやリグニンの蓄積には明らかな種間差異はみられなかった。以上のことから、最も強い複合ストレス耐性を示したヒエは、通気組織を発達した根が多かったため、低酸素ストレスに強い耐性を示し、複合ストレスによる成長阻害を緩和できたと考えられる。

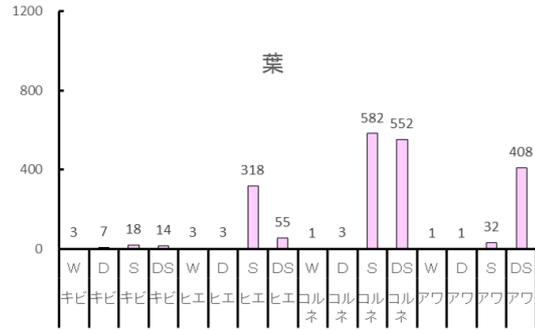
(2) カルシウムの添加が雑穀の塩・低酸素複合ストレスに対する成長反応に及ぼす影響

雑穀3種を水耕栽培し、播種後1か月目から処理を行った。出穂時における複合ストレスの PGR はキビ > ヒエ > コルネの順に高く、カルシウム 10mM の添加によりいずれの雑穀においても 36~56% 増加した。また、子実のカルシウムとナトリウム含有率の間には負の相関関係が認められた。以上のことから、カルシウムの添加効果は雑穀においても認められ、低酸素やナトリウム害を軽減することが示唆された。

(3) 土壌乾燥・塩複合ストレスに対する収量応答

土壌乾燥と高塩濃度の複合ストレスにより、キビの収量は対照区の 58%、ヒエとアワはそれぞれ 36% と 25% に、コルネは 17% に著しく減少した。キビ、ヒエ、アワの全乾物

重および収穫指数と収量との間にはそれぞれ 5% レベルで有意な相関関係が認められ、コルネでは収量と収穫指数のみに 1% レベルの相関関係が認められた。出穂時の複合ストレス区の PGR はヒエ > キビ > アワ > コルネの順に高かった。収穫時の葉身のナトリウム含有率はキビ > ヒエ > アワ > コルネの順に高かった。



塩と土壌乾燥の複合ストレスに対する雑穀4種の葉のナトリウム含有率。W= 対照区、D=土壌乾燥、S=塩、DS=土壌乾燥と塩。

植物体全体のナトリウム含有率はキビ = ヒエ > コルネ = アワであった。以上のことから、キビやヒエの乾燥・塩の複合ストレス耐性がアワやコルネより強かったのは、ナトリウムの蓄積が少なく、植物個体の成長を大きく低下させずに子実の成長を維持したため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 3 件)

Matsuura, A., P. An, K. Murata and S. Inanaga 2016. Effect of pre- and post-heading waterlogging on growth and grain yield of four millets. Plant Production science 19(3)348-359.

松浦 朝奈・プラダン ラジブ・村田 浩平・坂梨 二郎・安田 伸・阿部 淳 2016. 2014年の熊本県における環境保全型栽培の雑穀と大豆の生産性. 日本作物学会九州支部会報. 第82号. 12-13.

AN Ping, LI Xiangjun, ZHENG Yuanrun, MATSUURA Asana, ABE Jun, ENEJI A. Egrinya, TANIMOTO, Eiichi, INANAGA Shinobu. 2014. Effects of NaCl on root growth and cell wall composition of two soybean cultivars with contrasting salt tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 200:212-218. (2014年6月)

〔学会発表〕(計 3 件)

松浦朝奈・安 萍・稲永 忍 2014. 出穂前後の土壌湛水処理が雑穀4種の成長と子

実収量に及ぼす影響 . 日本作物学会第 239 回講演要旨集 179 .

松浦朝奈・村田浩平・安 萍 . 2013. 雑穀 4 種の塩・低酸素複合ストレス耐性機構の解析 . 日本作物学会紀事 83 : (別号 1) 338-339 .

松浦朝奈・村田浩平・安 萍 . 2013. 中国黄土高原における雑穀の収量性と雑穀の複合環境ストレス耐性機構の解析 ~ 雑穀 4 種の塩・冠水複合ストレス耐性機構の解析 ~ . 2013 . 鳥取大学乾燥地研究センター - 平成 25 年度共同研究発表会講演要旨集 . 20-21 .

〔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

松浦朝奈 (MATSUURA, Asana)

東海大学・農学部・准教授

研究者番号 : 30299672

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :