

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K05999

研究課題名(和文) Stress memoryを活用した、耐乾性を向上させる栽培および育種技術の開発

研究課題名(英文) Development of cultivation and breeding technologies to improve drought resistance of crops utilizing stress memory

研究代表者

辻 渉 (TSUJI, Wataru)

鳥取大学・農学部・准教授

研究者番号：60423258

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：植物が有するエピジェネティックなストレスメモリを、乾燥ストレス下における作物生産に応用することを目的に、Drought hardening (DH, 事前にストレスに曝されると耐乾性が高まる現象)と Transgenerational drought memory (TDM, 親世代が受けたストレスのメモリが後代に伝わり、耐乾性が強化される現象)に関する研究を行った。その結果、DHによってトウモロコシの耐乾性が向上すること、TDMによって他殖性のトウモロコシ、自殖性のソルガムのいずれにおいても子世代の耐乾性が向上することが明らかになった。さらにソルガムでは孫世代での耐乾性やクロストレス耐性も向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球温暖化に伴う気候変動によって増大する乾燥や過湿のストレス環境下において、増加する世界人口を扶養する食糧生産技術を構築することは喫緊の課題である。本研究では、DNAの塩基配列の変化を伴わないエピジェネティックなストレスメモリを活用し、食用作物における新規の栽培技術もしくはストレス耐性種子生産技術の開発に取り組んだ。その結果、トウモロコシとソルガムでは、ストレスメモリによって当代だけではなく、次世代以降も耐乾性が向上することが明らかになった。これは塩や過湿などの他のストレスでも同様であったが、その効果は顕著ではなかった。今後、これらの効果を最大化する手法を開発すれば実用技術になると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This search was conducted to improve crop production under drought stress utilizing epigenetic stress memory of plants, such as drought hardening (DH, a phenomenon in which drought resistance is improved by prior exposure to drought stress) and transgenerational drought memory (TDM, a phenomenon in which the memory of drought stress suffered by the parent generation is passed on to subsequent generations, enhancing drought resistance). The results showed that DH enhanced drought resistance in maize, and TDM enhanced drought resistance in the offspring of both cross-fertilizing maize and self-fertilizing sorghum. In addition, drought resistance in the grandchildren generation and cross-stress resistance between drought and salt stress in the children generation were also improved in sorghum.

研究分野：作物生産学

キーワード：ストレスメモリ Drought hardening Transgenerational memory 乾燥ストレス 過湿ストレス 食用作物 乾燥地 エピジェネティクス

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。

1. 研究開始当初の背景

世界の陸地面積の 41% を占める乾燥地は、降雨が空間的・時間的に不安定であるため、特定の地域やシーズンに深刻な干ばつが生じ、その結果、飢餓に発展することも少なくない。IPCC 第 5 次評価報告書によると、近い将来、地球温暖化に伴ってアフリカ・中近東などの乾燥地の降水量が減少し、干ばつが生じる可能性がさらに高まると予測されている。このような干ばつに起因する「食料危機」リスクに対する方策を確立しておくことは世界的な喫緊の課題といえる。その対策として点滴灌漑などの水利用効率が高い灌漑手法が開発されているが、高コストのため粗放的な食用作物の生産には適さない。また、遺伝的改良による耐乾性品種の開発も進められているが、実用品種の開発には長期間を要する。乾燥ストレス下での作物生産性を向上させるには単一の技術ではなく、各要素の“Pyramiding(積み上げ)”が重要であり、新規の栽培技術や育種技術の開発が不可欠である。

近年、植物が有する“ストレスメモリ(事前に経験したストレスに対する馴化的応答)”に関する研究が進んでいる。しかしながら、その多くは *Arabidopsis* などのモデル植物を対象としており、またエピジェネティクスを中心とする分子細胞生物学的な研究が大部分を占めている(Walter et al., 2013; Augustine et al., 2014; Soriano and Bosch, 2016)。一方、木本性植物では、ストレスメモリの応用版といえる“Drought hardening (DH)”, すなわち「生育初期に軽微な乾燥ストレスを与えることで、生育後期の深刻なストレスに対する耐性を向上させる」手法が提案され(Diego, 1975)、木本性植物では先行研究が多くあり、樹木の育苗時に DH 処理を行うと耐乾性が向上して、移植後に乾燥ストレスに遭遇しても活着率が高まることが明らかになっている(e.g. Villar-Salvaor et al., 2004)。しかし、草本性の食用作物に関する報告はトウモロコシ(Sun et al., 2016) とジャガイモ(Banik et al., 2016, Zhang et al., 2018)に留まっており、さらに作物栽培技術への応用を検討した事例は全くない。

一方、このストレスメモリには“Transgenerational memory”, すなわち「親世代が生存期間中に受けたストレスのメモリが世代を超えて伝達されるという現象」が存在することが近年明らかになりつつある(Crisp et al., 2016)。先行研究はまだ 10 報程度と少なく、対象となったストレスも「害虫による食害」, 「UV-C」, 「高温ストレス」などに限られる。また、その研究対象となった植物種も *Arabidopsis* やハルタデなどの野生植物に限定されており、この現象を食用作物に適用して農業生産への応用を目指したものは見当たらない。特に、ストレスメモリの育種学的応用として“Transgenerational Drought memory”, すなわち乾燥ストレスに曝された作物の Drought memory が次世代やその後代に伝わり、それらの耐乾性が高まる現象について検証し、これを新たな育種手法(耐乾性種子生産手法)に利用した例はない。

2. 研究の目的

本研究では、ストレスメモリの栽培技術的応用としての「作物の幼苗に耐乾性を付与する Drought hardening」, 育種学的応用としての「作物の親個体を乾燥ストレスに曝すことで次世代の種子に耐乾性を付与する Transgenerational Drought memory」に着目し、これらを栽培技術や育種技術として昇華させることを目的とした。具体的には、乾燥ストレスに対する(1) Drought hardening(DH)の最適処理法の開発、(2) Transgenerational Drought memory(TDM)の実証、に取り組んだ。また、乾燥ストレスの正反対の水ストレスである過湿ストレスにも着目し、(3) コムギにおける過湿ストレスメモリ効果の検証、にも取り組んだ。本研究で取り上げた DH および TDM のいずれも、これまでは食用作物の耐乾性を向上させる技術としてほとんど検討されておらず、特に後者について全く報告がないため、その存在を証明するだけで学術的な新規性や独創性がある。また本研究では、乾燥地もしくは国内の水田転換畑における新規の作物栽培技術もしくは育種技術の実用化を目指し、これを意識した研究を行った。

3. 研究の方法

(1) Drought hardening(DH)の最適処理法の開発

DH によるトウモロコシ当代の耐乾性向上効果の検証

砂質土壌を充填した小型ポットでトウモロコシのデントコーン品種「スノーデント SH4812」を 3.5 葉期まで育苗した後、人工気象室(気温:28°C, 湿度:50%, 照度:80,000 lux, 日長:12 h)に搬入し、3 日間馴化した。ポット内の体積含水率(以下 VWC)を毎日 10%, 12.5%, 15% に調節する DH 処理を 5 日間施し、それぞれを強, 中, 弱 DH 区とし、対照区(VWC30% に維持)を加えた計 4 処理区を設けた。その後、砂質土壌を充填した 1/10,000 a ワグネルポットに移植し、各ポットの VWC を 30% に揃えた後は灌水を一切行わず、徐々に乾燥ストレスを与えた。光合成速度(P_n), 気孔コンダクタンス(g_s), 光化学系 II の量子収率(Φ_{PSII}), 吸水速度などを経時的に測定するとともに、ストレス処理開始後 6 日目にサンプリングを行い、乾物重や根長などを調査した。また、LC/MS/MS を用いて乾燥ストレス開始後 0, 2, 5 日目の最上位展開葉におけるアミノ酸や植物ホルモンなど全 89 種の代謝物質を網羅的に定量した。

トウモロコシにおける最適 DH 処理法の検討

従来の DH 処理に加え、ストレス強度を段階的に上げる Drought Training(以下 DT)処理も設け、トウモロコシ幼苗の耐乾性が向上するかを検証するとともに、最適な処理手法を明らかにすることを目的とした。デントコーン品種「スノーデント SH4812」をガラス室内で 3 週間ポット育苗した後、人工気象室に搬入し、土壌の VWC を 22.5, 20.0, 17.5, 15.0% に 6 日間維持する微弱, 弱, 中, 強 DH 区を設けた。さらに VWC を 2 日ごとに段階的に下げる 2 処理区、すなわち弱 DT 区(22.5→20.0→17.5%)と強 DT 区

(20.0→17.5→15.0%), さらに 35%に維持する対照区を加えた計 7 処理区を設けた. 処理終了後は速やかに 1/10,000 a ワグネルポットに移植し, 全処理区を VWC35%に揃えた後は, 灌水を停止して徐々に乾燥ストレスを与え, 毎日, ポット重を計測するとともに, 光合成測定装置を用いて P_n, g_s , クロロフィル蛍光関連のパラメータを測定し, 9 日後にサンプリングをして乾物重や葉面積, 根長等を評価した.

(2) Transgenerational Drought memory(TDM)の実証

TDM によるトウモロコシ後代の耐乾性向上効果

デントコーン品種「ゆめちから」の種子親 Mi29 と花粉親 Mi47 を 1/2000 a ワグネルポットで開花期まで育成し, 人工授粉を行った Mi29 を人工気象室に搬入した. VWC を毎日 10%, 13%, 15%に調節する強, 中, 弱 TDM 区, および VWC を 30%から 10%に変動させる変動区を設け, 対照区(VWC を 30%に維持)を加えた計 5 処理区とした. この親世代から採種した F_1 種子から重量が同程度の種子を選抜し, 後代の耐乾性評価に供した. これらの種子を 1/5000 a ワグネルポットに播種し, 人工気象室内で 5 葉期まで育苗した. その後, VWC を毎日 13%, 10%に調節する中, 強ストレス区の計 2 処理区を設け, P_n, g_s , 吸水速度などを経時的に測定した. 乾燥ストレス開始後 0 および 14 日目にサンプリングを行い, 乾物重, 葉面積, 根長などを調査した. 翌年は, 変動区を除く 4 処理区から F_1 種子を採種し, 各処理区から平均的な重量の種子を選んで, 前年と同様の方法で評価を行った. さらに, 乾燥ストレス開始後 0 および 14 日目に最上位完全展開葉を対象に, LC/MS/MS を用いて全 89 種の代謝物質を網羅的に定量した.

TDM によるソルガム後代の耐乾性向上効果

ガラス室内でポット栽培した親世代のソルガムに対し, 開花後期から登熟まで乾燥ストレスを与えた. 土壌の VWC を調整して強乾燥区, 中乾燥区および対照区を設け, これらから採取した子世代の種子を本実験に供試した. 砂質土壌と基肥を充填した 1/2000 a ワグネルポットで 7 葉期まで育苗し, 人工気象室に搬入後, 2 週間の VWC8%と 1 週間の VWC6%の乾燥ストレスを与えた. P_n, g_s などの光合成関連のパラメータおよび吸水速度を毎日調査し, ストレス開始 3 週間後にサンプリングして上位葉の相対含水率, イオン漏出などを評価するとともに, 葉面積や乾物重を測定した. さらに, LC/MS/MS を用いて葉内の代謝物質 80 種を網羅的に定量した.

また上記の 3 処理区の子世代の種子をポット栽培し, それぞれに対して強乾燥区, 中乾燥区および対照区を設け, 計 9 処理区(うち 1 処理は対照区)から採取した孫世代の種子を実験に供試した. 子世代と同様に育苗し, 人工気象室に搬入後は VWC7%で 17 日間の乾燥ストレスを与えて, 上記と同様の測定・サンプリングを行って, TDM の累積的效果を検討した.

さらにガラス室内でポット栽培した親世代のソルガムに対し, 開花後期から 200 mM の NaCl 溶液を 3 日おきに与える中塩区, 400 mM を与える強塩区, および対照区を設けた. これらから採取した塩処理種子および上記の子世代で採取した乾燥処理種子をそれぞれ育苗し, 人工気象室に搬入後は子世代と同様の乾燥ストレス, もしくは 300 mM の NaCl 溶液を 2 日おきに与える塩ストレスを施し, 上記と同様の測定・サンプリングを行って, クロスストレス耐性を評価した.

(3) コムギにおける過湿ストレスメモリ効果の検証

ガラス室において, 砂質土壌を充填した 1/2000 a のワグネルポットでコムギ品種「農林 61 号」を 6 株 (3 個体/株)栽培した. 施用した肥料中の硫酸根が多い+S 区と極少量の-S 区それぞれに対して, 分けつ期, 茎立ち期, 穂ばらみ期における過湿メモリ処理の有無(有:1, 無:0)を組み合わせた計 8 処理区 (000 区が対照区)を設けた. 開花期に, 全処理区に対して 5 日間の過湿ストレス処理を施した. 処理後の窒素吸収能を評価するため, 処理解除の翌日に, 実肥として窒素安定同位体(^{15}N)でラベルされた硫酸を施用した. 過湿メモリ処理開始から枯れ上がるまで最上位葉もしくは止葉の SPAD を経時的に測定し, 収穫後に子実収量とその構成要素を調査した. また過湿ストレス処理解除 13 日目(乳熟後期)にもサンプリングを行い, +S 区を対象に個体の各部位における窒素の含有率および安定同位体比($\delta^{15}N$)を測定した.

4. 研究成果

(1) Drought hardening(DH)の最適処理法の開発

DH によるトウモロコシ当代の耐乾性向上効果

6 日間の乾燥ストレス期間中の成長を評価するために相対成長速度(RGR)を算出したところ, 対照区よりも中・強 DH 区のほうが高い値を示し, 特に強 DH 区は有意に高かったことから, トウモロコシは DH によって当代の耐乾性が向上することが実証された. この RGR の増大は葉面積比(LAR)よりも純同化速度(NAR)が高いことに起因していたことから, P_n の推移をみると乾燥ストレス開始後 3 日目以降は, DH 区のほうが有意に高く維持していた. これは気孔コンダクタンスを高く保つとともに, 光化学系IIの電子伝達活性を維持することに起因していた. これらには葉の水分状態が良好であることが関与すると考えられたため, 地下部の発達程度を検討したところ, 乾燥ストレス期間中の根乾物重・根長・根表面積の増加量は中・強 DH 区のほうが高く, SR 比が有意に低かったことから, DH は根系発達を促進すると考えられた. そこで吸水速度をみると, ピークを示した 3 日目までは DH 区のほうが低く推移しており, それに伴って土壌水分が比較的多く残存した結果, 4 日目以降の吸水速度は逆に DH 区のほうが高くなった. 以上の結果より, DH 処理は移植直後に気孔を閉じ気味にして吸水速度が低く抑えるために, 土壌水分が多く残存して, 地上部の生理的機能を高く維持したと考えられた. そこで同一土壌水分条件に

おける P_n と g_s の応答をそれぞれ比較したところ、いずれのパラメータも VWC20% 以下において常に DH 区のほうが高い値を示したことから、DH 処理した個体は土壤水分に依存しない気孔応答を示すことが明らかになった。そこで、葉における代謝物質を解析した結果、 γ -アミノ酪酸(GABA)や 3,4-ジヒドロキシ安息香酸などが有意に増加していた。特に GABA は先行研究のイネでも増加が確認されていることから、DH 処理による耐乾性向上に関わる物質と推察された。

トウモロコシにおける最適 DH 処理法の検討

いずれの DH 区も先行研究と同様に、対照区と比べて耐乾性が向上する効果が認められた。一方、段階的に乾燥ストレスの強度を高める処理を行うことで更なる耐乾性の向上を図った DT 処理における効果は、DH 処理とほぼ同等であった。この結果より、土壤水分量を維持するのではなく漸減させたとしても同等の効果が得られると推察された。この耐乾性の向上効果についてストレス期間中の相対成長速度(RGR)から評価したところ、DH 区・DT 区ともに増加がみられなかった。これは純同化率(NAR)が対照区より低かったことに起因していたが、もうひとつの構成要素である葉面積比(LAR)は、DH 区・DT 区ともに対照区に比べて著しく高かった。実際、ストレス開始からの葉面積の変化量をみると、対照区は減少したのに対し、全ての DH 区・DT 区で増加していた。このことから DH・DT 処理ともに乾燥ストレス下における葉の老化や枯死を軽減する効果があり、これが耐乾性向上に大きく関わると考えられた。次に、この葉の老化・枯死が軽減した要因について検討した。対照区は移植直後から吸水速度が高く、それに伴って g_s や光化学系IIの量子収率等が高く、その結果 P_n も高かったが、土壤水分の急激な減少に伴ってこれらのパラメータも低下した。一方、DH 区・DT 区はいずれも吸水速度が低く、土壤水分の減少が緩慢だったため上記のパラメータを長期に渡って維持するとともに、葉の老化や枯死が軽減されたと推察された。以上の結果、ストレス強度を段階的に上げて作物をトレーニングする DT 処理の耐乾性向上効果は DH 処理と同等であるが、処理が簡便なため有用な手法であると考えられた。

(2) Transgenerational Drought memory(TDM)の実証

TDM によるトウモロコシ後代の耐乾性向上効果

親世代に乾燥ストレスを与える TDM 処理を行うと、ストレス強度が強いほど種子サイズが小さくなった。種子の大きさは植物の初期成長に影響するが、全ての処理区の種子サイズを揃えた場合、および各処理区の平均的なサイズの種子を用いた場合のいずれにおいても、乾燥ストレス下で栽培した後代の苗の RGR が増加する処理区がみられたことから、トウモロコシは TDM によって後代の耐乾性が向上することが実証された。特に効果が顕著であった 1 年目では、中 TDM 区で RGR が有意に増加した。これが増大したメカニズムは DH と類似していた。RGR の増大は LAR よりも NAR が高いことに起因しており、 P_n も中・強 TDM 区で高く推移していた。また g_s や Φ_{PSII} の生理的な機能も高く維持されていたことから、葉の水分状態が改善されていると推察された。根系の発達程度をみると、根乾物重・根長・根表面積は TDM 区のほうが高い傾向を、SR 比は低い傾向を示したことから、TDM は同化産物を根系に優先的に転流させる応答を示すと考えられた。この根系の発達に伴って、吸水速度も TDM 区のほうが対照区よりも高かった。また、水利用率(=ストレス処理期間中の乾物増加量/総吸水量)も中 TDM 区のほうが対照区よりも有意に高く、吸水した水を効率よく乾物生産に利用していた。葉における代謝物質を網羅的に調べたところ、TDM 区では浸透圧調節物質であるペタインや抗酸化物質であるニコチン酸などが有意に増加していた。

TDM によるソルガム後代の耐乾性向上効果

親世代で乾燥ストレスを受けた強・中乾燥区の種子の千粒重は対照区よりも低下したが、そこから発生した幼苗の生育は劣っていなかった。これに 3 週間の乾燥ストレスを与えて乾物重、葉面積、相対成長速度(RGR)を評価したところ、対照区との差異はみられなかった。しかしながら、RGR の構成要素である葉面積比(LAR)は対照区と比べて 7% 増加した。もうひとつの構成要素である純同化速度(NAR)は微減する傾向を示したものの、 P_n はストレス期間を通じて対照区より高く推移した。これは葉の相対含水率(RWC)を有意に高め、 g_s と光化学系IIの量子収率(F_v'/F_m')を高く維持することに起因していた。一方、地下部をみると根長・根重が増加し、SR 比が低下したことから根系が発達する傾向が確認されたが、いずれの処理区もポットの水分量が永久萎凋点付近まで低下して強いストレスが掛かっていたため、吸水速度の増大はみられなかった。また、細胞膜の損傷程度を示すイオン漏出は低く推移した (Fig. 1)。これは、チロシンの増加による各代謝産物の生合成の活性化、および酸化作用をもつクロロゲン酸の増加による活性酸素種(ROS)の抑制、に起因すると推察された。

親および子世代で乾燥ストレスを受けた孫世代の 8 処理区は、いずれも乾燥ストレス下における乾物重、葉面積、RGR の増大は認められなかった。しかし、子世代と同様に、光合成速度とそれに関連する

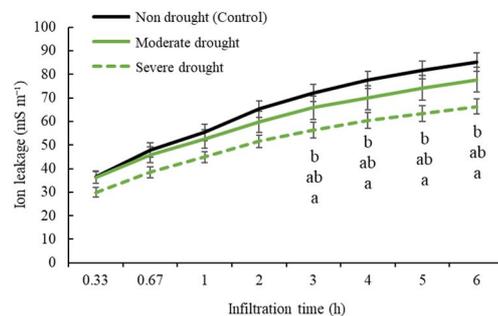


Fig 1. Ion leakage from leaf disks of sorghum offspring seedlings whose parent generations were exposed to different level of drought stress.

パラメータは対照区と比べて高く推移した。一方、孫世代では根系の発達がみられず、吸水速度も差異がなかったが、RWC が有意に高い処理区が認められる点は子世代と共通しており、これらの処理区はイオン漏出も低い傾向にあった。孫世代の葉では、いずれの処理区でも TCA 回路内で生合成されるアスパラギン酸とグルタミン酸が増加していた。クロロゲン酸に加え、抗酸化物質である 4-ヒドロキシベンズアルデヒド、および適合溶質であるプロリンが増加していたことから、ROS 消去能と浸透調整能が高まっていた可能性がある。

乾燥ストレス下において、子世代で検討した乾燥処理種子と同様に、塩処理種子でも乾物生産の増大はみられなかったが、葉面積は 16% 増加した。光合成速度とその関連パラメータも同様の傾向を示したが、根系発達と RWC の改善は認められなかった。一方、イオン漏出の抑制が確認され、これには 4-ヒドロキシベンズアルデヒドに加えて、アスコルピンの増加が抗酸化作用を高めたことが関与すると考えられた。一方、塩ストレス下では、塩処理種子は根系発達やイオン漏出の抑制は認められたものの、代謝物質も含め対照区との差異はなかった。乾燥処理種子も乾物生産の増大はみられなかったが、葉面積が 20% 増大し、光合成能も高まっていた。根系発達と RWC の改善はみられなかったが、イオン漏出の顕著な抑制が認められた。代謝物質は、サイトカイニンであるトランスゼアチンやトランスゼアチンリポシドが増加していた。

(3) コムギにおける過湿ストレスメモリ効果の検証

対照区(000 区)は+S 区、-S 区のいずれにおいても、開花期の過湿ストレス処理解除 4 日目から SPAD が急激に低下して早枯れしたのに対し、過湿メモリを経験した処理区の多くは長期に渡って葉色を維持し、枯れ上がりも大幅に遅延した。この傾向は硫酸根の影響が小さい-S 区において顕著であったが、両区とも過湿メモリ処理を分けつ期に施した区、特に 100 区における効果が著しかった。一方、過湿メモリ処理を 3 回行った 111 区や穂ばらみ期に処理した区(001, 011 区)では効果が軽微もしくは皆無であった。子実収量は 000 区より過湿メモリ処理区のほうが多く、特に 100 区では有意に増加し、硫酸根の影響が大きかった+S 区でも 1.8 倍の収量を示した。この増収は 1 穂粒数の増加ではなく、葉色維持による千粒重の増大に起因していた。次に、100 区が葉色を維持して増収した要因について検討した。100 区は乳熟期における葉・稈・子実の $\delta^{15}\text{N}$ が 000 区より高かったことから、過湿メモリはストレスによる窒素吸収能の低下を軽減すると考えられた。これが葉色悪化や早枯れを抑えて登熟を向上させ、千粒重の増加に繋がったと推察された。さらに収穫時におけるコムギ各部位への ^{15}N 分配比を解析した結果、100 区は 000 区に比べて子実への分配比が高かったことから過湿メモリは窒素転流能も高めると考えられた。

以上の結果、コムギは分けつ期に 1 度でも過湿ストレスに曝されると、ストレスメモリによって開花期以降の耐湿性が向上し、過湿下でも窒素吸収能を高く維持して早枯れや減収を防ぐことが明らかとなった。

全期間を通じてストレスメモリに関する研究を推進した結果、複数の作物種において、当代だけでなく次世代においてもメモリによるストレス耐性向上が確認された。これは塩や過湿などの他のストレスでも同様であったことから、植物において一般化できる現象と考えられるが、その効果は顕著ではなかった。今後、これらの効果を最大化する手法を開発すれば、ストレス下における作物生産を向上させる実用技術になると考えられる。

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 河瀬基希・辻 渉・山口武視
2. 発表標題 ストレスメモリを活用した、コムギの耐湿性を向上させる栽培技術の検証
3. 学会等名 日本作物学会第257回講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 安田芽以・辻 渉・山口武視
2. 発表標題 Transgenerational stress memoryによるソルガム後代の耐乾性強化
3. 学会等名 日本作物学会第255回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森由加里・辻 渉・山口武視・近藤謙介・野波和好・木戸一孝
2. 発表標題 Stress memoryを活用したDrought hardeningによるトウモロコシ苗の耐乾性向上効果
3. 学会等名 日本作物学会第253回講演会
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
---------	---------