

平成29年1月11日

報道関係者各位

国立大学法人 筑波大学
国立大学法人 東京学芸大学

植物の低温ストレス応答に関与する新たな仕組みを解明

研究成果のポイント

1. 植物のカルシウムチャンネル^{※1)} MCA が低温ショック時の一過的な細胞内カルシウム濃度の上昇に関わることを明らかにしました。
2. MCA は植物が低温ストレスに順化するための仕組みに関与していることを明らかにしました。

国立大学法人 筑波大学 生命環境系(つくば機能植物イノベーション研究センター)三浦謙治教授および国立大学法人 東京学芸大学 教育学部 生命科学分野 飯田秀利名誉教授らの研究グループは、植物におけるカルシウムチャンネルMCAが低温ショック時における一過的な細胞内カルシウム濃度の上昇および低温ストレスに対する耐性の獲得に関わることを明らかにしました。

植物は低温ストレスにさらされると、細胞内のカルシウム濃度が一過的に上昇することが知られていました。この一過的上昇は低温ストレス順化の引き金になるとこれまで考えられてきましたが、その仕組みについては明らかにされていませんでした。当研究グループは植物におけるカルシウムチャンネルMCAに注目して、その変異体を用いて低温ショック時における細胞内カルシウム濃度の一過的上昇を調べました。その結果、細胞内カルシウム濃度上昇の不十分な*mca1 mca2*変異体では、低温ストレスに対して弱くなっていることが発見され、MCAが低温ストレス応答に確かに関与することが示されました。

本研究は、植物が低温ストレスにどのように順化するかを明らかにする上で重要な仕組みを明らかにしたものであり、カルシウムシグナルと低温シグナルを結びつける重要な成果です。将来的には、低温耐性植物の作出に役立つと期待されます。

本研究の成果は、2018年1月11日(日本時間11日19時)付で*Scientific Reports* 誌オンライン版で公開されます。

* 本研究の一部は、科学研究費補助金新学術領域研究(課題番号:23120509, 25120708, JP16H01458)および基盤研究(C)(課題番号:JP16K07390)によって実施されました。

研究の背景

植物では、機械刺激や植物ホルモンなど様々な刺激によって細胞内のカルシウムイオン濃度が上昇することが知られています。このカルシウムイオン濃度の一過の上昇は、低温ストレスにおいても引き起こされることが、先行研究より示されていました。しかし、どのような仕組みによってその一過の上昇が引き起こされるかは分かっていませんでした。

これまでに、植物のカルシウムチャネルとしては、飯田らによって、機械刺激に応答してカルシウムを細胞内に流入させることに関与する機械受容性カルシウムチャネルMCA1およびMCA2が単離されていました。本研究では、この機械受容性カルシウムチャネルMCAが、機械刺激に応答したカルシウム流入以外にも関与している可能性に注目しました。

研究内容と成果

上述したように、細胞内カルシウム濃度の一過的な上昇は低温ストレス時にも引き起こされることが先行研究から分かっていました。そこで、この上昇にMCAが関与しているかを調べました。具体的には、MCA1とMCA2を生成できない突然変異体(*mca1 mca2*変異体)を用いて、低温ストレス時におけるカルシウム濃度の上昇を測定しました。その結果、この変異体では、通常の野生型株と比較して、その上昇の程度が有意に低下していました。

次に、細胞内カルシウム濃度が一過的に上昇するのは低温ストレスに対する順化の引き金だと予想されることから、*mca1 mca2*変異体を低温ストレスに曝し、植物体の生存率および植物細胞からの電解質漏出量^{注2)}を測定しました。その結果、この変異体では、野生型株に比べて生存率が有意に低下し、電解質の漏出量が有意に上昇していました。このことから、*mca1 mca2*変異体は低温ストレスに弱いと結論づけました。

ところで、世界中の膨大な研究から、低温ストレス応答においては、CBF/DRAB1やHSCF1などの転写因子によって制御されている遺伝子群が低温シグナル伝達の重要な役割を担っていることが、明らかにされています。そこで、それらのうちどのような遺伝子群がMCAによって制御されるかを調べました。その結果、CBF/DRAB1転写因子によって制御されるいくつかの遺伝子群の発現量は、*mca1 mca2*変異体と野生型株でほとんど変化がありませんでした。この結果から、*mca1 mca2*変異体が低温ストレスに弱いという表現型を示した原因は、CBF/DRAB1転写因子に制御される遺伝子群の発現低下ではないことが示唆されました。一方、機能が分かっていない*At5g61820*や*At3g51660*といった遺伝子の発現が*mca1 mca2*変異体において有意に低下していたことから、MCA1とMCA2はこれらの遺伝子群の発現を上昇させることにより低温ストレス耐性の獲得に関わっていることが示唆されました。

本研究において、機械受容性カルシウムチャネルMCAが低温ストレス時の細胞内カルシウム濃度の一過の上昇および低温ストレス受容後の耐性獲得に関与することを明らかにすることができました。したがって、本研究は、低温シグナル伝達の分子機構を解明する上で不可欠な仕組み、すなわち、カルシウムシグナルの発生の仕組みと低温耐性の獲得の仕組みを関連づける手がかりをもたらしたと言えます。

今後の展開

本研究により、MCA1とMCA2は、CBF/DRAB1転写因子には依存しない、未知のシグナル伝達経路を制御していることが示唆されました。したがって、その伝達経路とは何かを今後明らかにする必要があります。そうすることにより、低温ストレス応答に関わる新規の分子機構を明らかにできるものと期待されます。また、MCA1とMCA2を通して植物細胞内に流入したカルシウムを感知する仕組みについてはまだ明らかにされていません。カルシウムの感知機構の解明も今後の重要な課題となります。

参考図

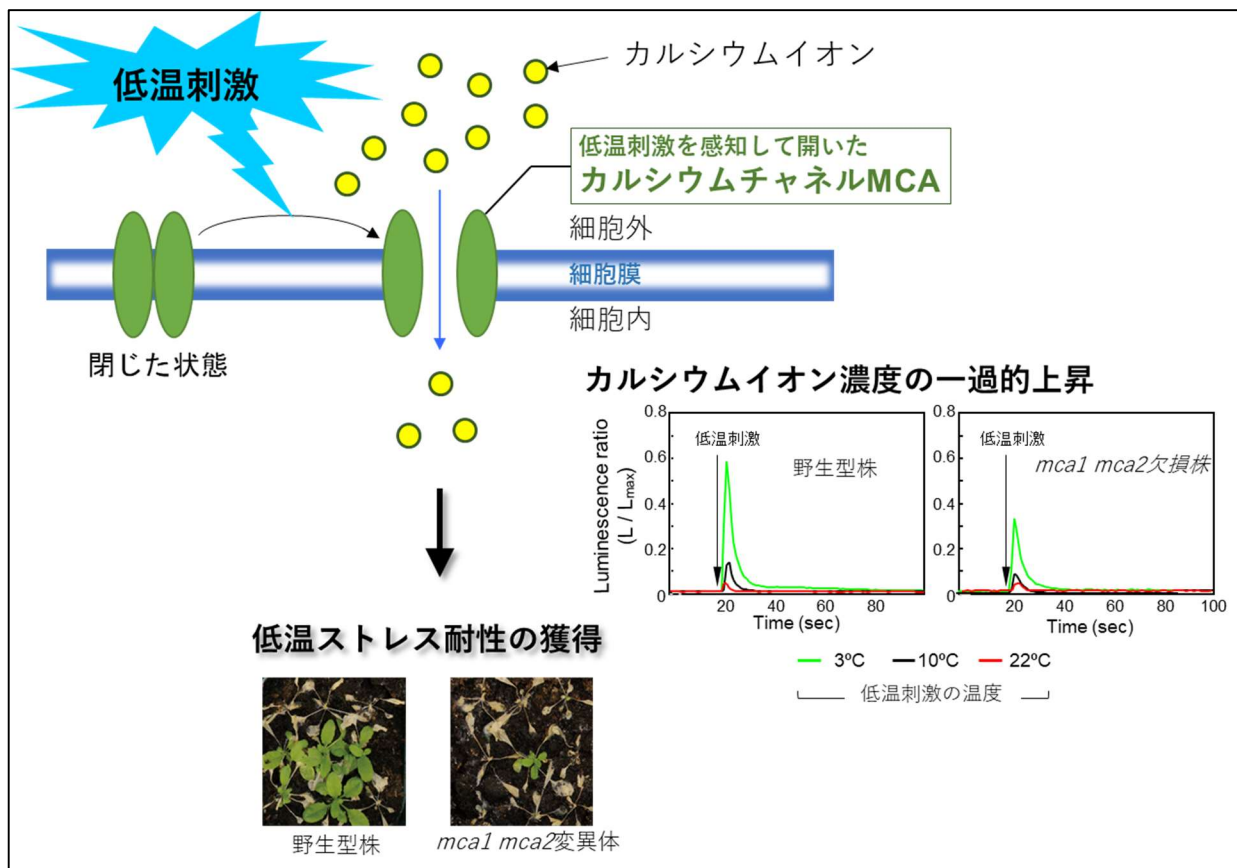


図1 低温刺激により引き起こされる細胞内カルシウムイオン濃度の一過的上昇および低温ストレス耐性の獲得に、機械受容性カルシウムチャネル MCA が関与することを明らかにしました。

用語解説

注1) カルシウムチャネル

細胞膜にあって、細胞内にカルシウムイオンを選択的に透過させるタンパク質。

注2) 電解質漏出量

耐凍性を調べる際にこの量を測定します。植物を氷点下の低温にさらすと、氷晶の形成によって植物細胞の壊死がおきます。細胞内にはイオンなどの電解質が含まれていることから、植物細胞の壊死によって電解質が細胞外に放出されます。この放出された電解質を測定することで、どのぐらいの割合の細胞が壊死しているかを測定することができます。低温ストレスに弱くなった *mca1 mca2* 変異体では、野生型株と比較して、電解質漏出量が上昇していました。

掲載論文

【題名】 Ca^{2+} -permeable mechanosensitive channels MCA1 and MCA2 mediate cold-induced cytosolic Ca^{2+} increase and cold tolerance in Arabidopsis

(シロイヌナズナにおける機械受容性カルシウムチャネル MCA1 および MCA2 は低温誘導性カルシウム上昇および低温ストレス耐性に関与する)

【著者名】 Kendo Mori^{1*}, Na Renhu^{2*}, Maho Naito¹, Aki Nakamura¹, Hayato Shiba², Tsuyoshi Yamamoto², Takuya Suzaki², Hidetoshi Iida^{1§}, Kenji Miura^{2§}

¹ 東京学芸大学、² 筑波大学

(*Co-first author; [§]Co-corresponding author)

【掲載誌】 *Scientific Reports*

doi:10.1038/s41598-017-17483-y

問合わせ先

三浦 謙治 (みうら けんじ)

筑波大学 生命環境系 教授

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

飯田 秀利 (いいだ ひでとし)

東京学芸大学 教育学部 生命科学分野 名誉教授

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1