

植物細胞の大きさをコントロールする仕組みを解明

～特定部位の成長が促進された農作物やバイオマス作物の創出に期待～

【ポイント】

細胞の大きさは一般に細胞の持つ核の大きさ（DNA 量）に依存することが知られている。植物細胞は、しばしば細胞の分裂を伴わずに DNA を複製することにより核 DNA 量を倍加させ、巨大化する。このような通常の細胞分裂とは異なる特殊な DNA の倍加現象として、核内有糸分裂（エンドマイトーシス）が知られているが、そのメカニズムは未解明であった。名古屋大学大学院生命農学研究科の伊藤正樹准教授らの研究グループは、植物細胞のエンドマイトーシスに関わる遺伝子 *GIG1*（ギグワン）を世界に先駆けて発見し、その作用のメカニズムを解明した。

この成果は、アメリカ植物科学専門誌「ザ・プラント・セル (The Plant Cell)」の 12 月 13 日付け（米国東部時間）の電子ジャーナル版に掲載された。

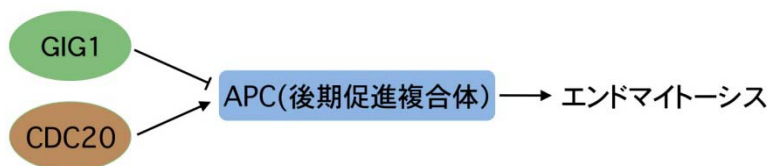
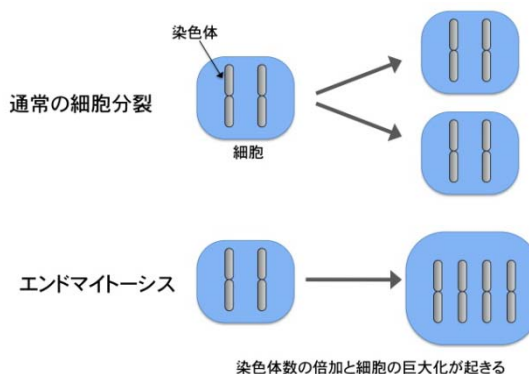
【背景】

人工爆発に伴う大規模な食糧問題が今世紀半ばにも起きることが危惧されている。また、化石エネルギー資源の枯渇は刻々と進行しており、これに代わるバイオ燃料に期待が寄せられている。植物の成長能力を最大限に引き出すこと、すなわち、植物を大きく成長させることが可能になれば、農作物やバイオマス作物の増産により、このような問題の抜本的な解決に貢献できると考えられる。細胞の染色体数が倍加した倍数体植物は、通常の植物よりも大きく成長することから、実際にいくつかの種の作物に倍数体植物が利用されている。しかし、倍数体植物は晩成化や稔性の低下などに代表されるデメリットも併せ持つことから、古典的な倍数体育種の応用範囲は、現状では限られたものになっている。植物体のうちで実際に利用する部位（果実、塊根など）の細胞だけを倍数化させて巨大化することができれば、このような旧来の倍数体のもつデメリットを克服した高生産性植物の創出が可能になると期待される。

【研究の内容】

伊藤准教授らはモデル植物シロイヌナズナを材料に、細胞分裂に異常を示す変異体の単離を行ってきた。単離された変異体の一つである *gig1*（ギグワン）変異体の葉では、通常の植物には見られない巨大化した気孔が存在していることを見いだした。気孔の巨大化は、孔辺細胞が大きくなることに原因があり、さらに大きくなった孔辺細胞では染色体数が他の細胞の 2 倍になっていることを突き止めた。このような染色体数の倍加は、表皮細胞が有糸分裂を完了せずに途中で終了してしまう現象（エンドマイトーシス）を

引き起こしたために生じていることが明らかになった。*gig1* 変異体で欠失していた遺伝子(*GIG1*)を特定し、その分子的な機能の解析を行った結果、*GIG1* は後期促進複合体(APC)と呼ばれる有糸分裂の制御に重要なタンパク質複合体の活性を抑制する働きをもつことがわかった。つまり、APC 阻害タンパク質である *GIG1* が欠失することにより、細胞は有糸分裂を正常に完了することができず、エンドマイトーシスを引き起こしたものと考えられた。*gig1* 変異体に既知の APC 活性化因子(CDC20)を過剰に発現させると、エンドマイトーシスの頻度が大きく亢進したことから、植物細胞のエンドマイトーシスは APC の活性を調節することにより、人為的にコントロールすることが可能であることを示した。



【研究の意義】

GIG1 に類似した構造をもつ遺伝子は、イネやサトウキビを初めとして、調べられている全ての植物に存在していることから、今回シロイヌナズナにおいて明らかになった *GIG1* の働きは他の多くの有用植物においても同様に適応できると考えられる。今後、APC 阻害タンパク質である *GIG1* と既知の APC 活性化タンパク質の発現を植物体内で厳密にコントロールすることにより、エンドマイトーシスを局所的に誘導し、植物体の特定の部位だけを倍数化させる技術に発展することが期待される。例えば、大きな果実や大きな塊茎 (イモ) のできる植物を創出したり、バイオ燃料の原料となるトウモロコシやソルガムの実の部分が大きくなることなどにより、食糧問題やエネルギー問題に貢献する技術の基盤となる可能性がある。

【用語説明】

エンドマイトーシス

通常の細胞分裂では、DNA が複製された後、有糸分裂により核が二分し、さらに細胞自体の分裂 (細胞質分裂) により、親細胞と同じ DNA 量をもつ二つの娘細胞が生じる。エンドマイトーシスでは、DNA 複製と有糸分裂の開始は正常に起きるが、有糸分裂を完了することなく途中の段階で終了してしまう。これにより核は二分せず一つのままであり、細胞の分裂も起きない。このため染色体の数が二倍になった細胞が生じる。

倍数体

細胞の持つ染色体数が通常の 2 倍体($2n$)よりも多く、3 倍体、4 倍体、6 倍体などのように生殖細胞の染色体数 n の整数倍になっている個体。通常、個体を構成する全ての細胞の染色体数が倍加している。植物の倍数体では、細胞や個体全体が通常の 2 倍体より大きくなるため、育種法の一つとして利用されている (倍数体育種)。動物では両生類、魚類、昆虫などに知られているが、哺乳動物には見られない。

後期促進複合体 (APC)

有糸分裂の開始や進行には、ある特定のタンパク質群をスケジュールに従って分解することが重要である。後期促進複合体 (APC) は、分解されるべきタンパク質を選別してユビキチンと呼ばれる小さなタンパク質を付加することにより目印をつける働きを担っている。このように目印がついたタンパク質はその後細胞内に存在するタンパク質分解装置によりすみやかに分解される。

【論文名】

The Plant Cell

GIGAS CELL1, a novel negative regulator of the anaphase-promoting complex/cyclosome, is required for proper mitotic progression and cell fate determination in *Arabidopsis thaliana*. PLANTCELL/2011/092049. (後期促進複合体を負に制御する新奇タンパク質 GIGAS CELL1 は有糸分裂の進行と細胞運命決定に必要である)