

学 位 論 文 要 旨

氏 名 園 山 博

題 目 植物ホルモンを介した環境応答を分子生物学的手法に基づいた実験により
理解する教材開発と授業実践

植物が環境に応答して消長する内生植物ホルモンが植物の各部分の成長を調節し、形態を変えていく現象を、高校生が正しく理解するための教材は極めて少ないので、ジベレリン (GA) を例にこの現象を異なる観点から学習する4つ教材を開発した。この4つの教材の授業実践を行ない評価するとともに、系統的な学習プログラムを構築した。

はじめに、高性品種と矮性品種のヒマワリを使った植物ホルモンの働きを学ぶ教材を開発した。播種後12日目に、矮性品種「小夏」の草丈は、高性品種「かがやき」の草丈の約20%しかなかった。また、矮性品種の5日目の芽生えに $1.0 \times 10^{-4} \text{M}$ の GA_3 溶液を投与すると、播種後12日目 (投与後7日目) には、草丈が対照の2倍以上となった。この間の平均伸長速度は、7.6mm/日であり、無処理の高性品種の平均伸長速度 8.0mm/日とほぼ同じ値となった。すなわち、矮性品種の芽生えは、投与した GA に応答し、高性品種の伸長成長速度まで回復した。そこで、高性品種と矮性品種の芽生えに GA を投与し、節間の伸長を1週間測定する生徒実験を行った。生徒らは、草丈伸長の差異を品種や処理区間で比較し、草丈の違いと GA との関係を考えて。

この実践の評価試験の結果では、品種による草丈の違いと GA との関係に関する問の正答率が 57%から 86%へと有意に上昇した。アンケートでは 95%の生徒が、植物の成長の仕組みに興味を持てたと回答した。また、品種間の草丈の違いと GA の関係を深く調べる方法を問うと、GA 量の測定や遺伝子の操作をあげた生徒が多く見られた。

つぎに、環境応答における形態変化と植物ホルモンの関連を学ぶ教材を開発した。土中 (暗所) から地表 (明所) に出現した芽生えの胚軸は直ちに伸長を停止する。この環境応答を利用し、GA の作用の理解を深めることを意図した内容である。生徒実験では、1晩吸水させたハウレンソウのネーキッド種子を、水 (対照区)、あるいは $0.3 \times 10^{-6} \text{M}$ ウニコナゾール溶液 (GA 生合成阻害剤、処理区) を含ませたパーミキュライトに播き、実験区を2分しそれぞれを暗所と明所で栽培した。5日後に芽生えの胚軸長を測定し、水とウニコナゾール溶液の効果を比較した。暗所に置いた対照区の胚軸は伸長し、明所の約150%の長さがあった。一方、暗所に置いた処理区の胚軸の長さは暗所に置いた対照区より有意に40%も短く、その長さは明所においた対照区や処理区と有意な差を示さなかった。

この授業での評価試験の結果では、暗所における胚軸の伸長促進と GA 生合成の増加に関する問の正答率が、11%からそれぞれ 88 ないし 85%に有意に上昇した。すなわち、この授業により生徒らは、植物の成長や形態に現れる GA を介した環境応答をより良く理解するようになった。

次いで、分子生物学的手法を理解する教材を開発した。PCR におけるプライマーの働きを学び、マイクロピペットの正しい操作に習熟する内容である。器具の扱いを習得できたかと問うアンケートに、とてもそう思う、あるいは、そう思うと答えた生徒の割合は 100%に達し、PCR の原理を理解できたかを問うと、とてもそう思う、あるいは、そう思うと答えた生徒の割合が 92.8%であった。

最後に、分子生物学的手法を用いて、環境に応答して植物ホルモンの生合成に関与する遺伝子の発現が消長することを検出し、植物は環境に応じた形態に変化することを学ぶ教材を開発し、授業実践を行った。暗所で発芽・成長する芽生えは内生 GA が増加し、徒長する。エンドウの芽生えでは、暗所で発芽させると活性 GA 合成酵素 GA3oxidase の遺伝子の発現量が増加し、光を照射すると（発現量が）低下することが知られている。この遺伝子に着目して、明所と暗所に置いた芽生えにおける遺伝子発現量の差をとらえる実験を考案した。しかし、分解しやすい RNA を取り扱う実験は大学の施設ならば実施できるが、一般的な高等学校では実施が難しい。そこで、実験手法に改良を加え、生化学的に不安定な RNA を取り出さずに遺伝子発現を調べる実験教材の開発を試みた。植物を粉砕して得た組織液に直接逆転写反応を直ちに行ない不安定な mRNA を比較的安定な cDNA に変換して、発現遺伝子の検出を試みた。mRNA を単離することなく、GA3oxidase 遺伝子を良好に検出できたので、高等学校の実験室で実践を行った。授業後のアンケートで約 90%の生徒が、実験結果から環境によって遺伝子の発現量が変わることがわかったと答えた。

植物の伸長現象と光環境の関係に着目した教材を、植物の個体に着目した実験に始まり、mRNA に転写された遺伝子（遺伝子発現）を検証する実験まで4つの教材と授業を開発した。これらの4つの実験を年間指導計画の中に配置した試案を示した。（1,885 字）