

生物 問題Ⅱ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

イネには馬鹿苗病という病気があり、病気にかかると苗が異常に伸長して丈が高くなりひどいときには枯れてしまう。この病気は、稲作に大きな被害を与えるものとして、日本では古くから知られており、1900年ごろには科学的な研究も行われるようになった。1920年代に入り、馬鹿苗病の原因がカビの一種の馬鹿苗病菌が分泌する化学物質であることが、台湾総督府農事試験場の黒沢英一によって明らかにされた。^①1930年代になると東京帝国大学(現在の東京大学)の藪田貞治郎はこの物質の単離・結晶化を試み、その過程でこの物質を馬鹿苗病菌の学名(*Gibberella fujikuroi*)にちなみジベレリンと名付けた。1938年には藪田らが結晶化に成功し、1950年代にはアメリカ、イギリス、日本の3つの研究グループにより、ジベレリンの化学構造が決定された。その後、この物質はカビが作るだけでなく、植物自身も合成し植物の伸長を促進させる植物ホルモンの1つであることがわかった。

このように、植物体の一部で生産され、組織間、器官間を移動してごく微量で濃度^②に応じた作用をする物質を植物ホルモンという。また、1つの植物ホルモンがさまざまな成長過程に関わったり、複数の植物ホルモンが共同して特定の成長過程に働くこともある。

設問(1): 下線部①の結論を導くため、以下の実験を行った。空欄を埋めて文章を完成させよ。

馬鹿苗病菌の培養液を した後、イネに与えて異常伸長するかどうかを観察した。

設問(2)：下線部②について、オーキシンの濃度に応じた作用の違いを下記に示した。

〔ア〕～〔ク〕に当てはまる適切な用語をリストから選んで文章を完成させよ。なお、同じ用語を何度使ってもよい。

植物の芽生えを暗所で水平に置くと、〔ア〕刺激により茎でも根でもオーキシンが〔イ〕側に多く分布する。その結果、茎では〔イ〕側の成長が促進されて〔ウ〕に屈曲するが、反対に根では〔イ〕側の成長が〔エ〕されて〔オ〕に屈曲する。これはオーキシンに対する感受性が茎と根で異なり、茎の成長は比較的〔カ〕濃度で促進されるが根の成長は〔キ〕濃度で促進され、いずれの器官でもさらに濃度が高くなると成長が〔ク〕されるためである。

(用語リスト)

- ・重力 ・接触 ・上 ・下 ・上向き ・下向き ・促進 ・抑制
- ・高 ・低

設問(3)：植物ホルモンの作用について述べた次の文章のうち、誤っているものを1つ選び記号で答えよ。

- a) 頂芽で合成されたオーキシンは側芽の成長に対して抑制的に働き、側芽におけるサイトカイニンの合成は側芽の成長に対して促進的に働く。
- b) ジベレリンは、種子発芽を促進し、細胞の縦方向への成長を促進する。
- c) 落葉や落果が起きるとき、葉柄や果柄の基部に離層と呼ばれる細胞層が形成される。エチレンは離層の形成を抑制する。
- d) アブシシン酸は、種子発芽を抑制し、気孔の閉鎖を促進する。
- e) エチレンは、細胞の伸長成長を抑制し、茎の肥大成長を促進する。

文2

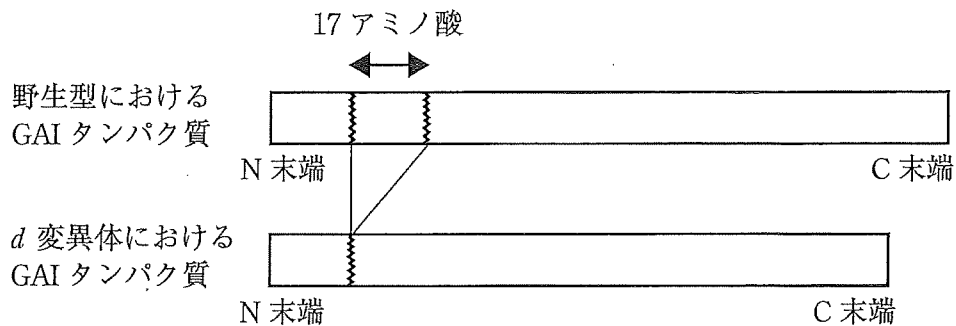
2000年前後になると、シロイヌナズナやイネを中心に変異体の表現型の解析と、その原因遺伝子の単離や解析が盛んに行われるようになった。植物ホルモンの合成や情報伝達のしくみについても、変異体の解析から次々と明らかになっていった。

ジベレリンの情報伝達において最初に報告されたのは、シロイヌナズナの変異体であった。英国ジョン・イネス・センターのグループは、図1(B)のような草丈が低くジベレリンを与えても伸びない変異体の遺伝子を解析した。変異体では *GAI* 遺伝子に変異が見られ、それにより、*GAI* タンパク質の N 末端側の 17 アミノ酸は欠けるものの、C 末端側は正常な *GAI* タンパク質と同じアミノ酸配列になることがわかった(図2)。今後、この変異体を *d* 変異体と呼ぶことにする。その後、シロイヌナズナには、*GAI* 遺伝子とよく似た遺伝子が他に4つあることがわかり、どの遺伝子産物にも、N 末端側に DELLA(アスパラギン酸—グルタミン酸—ロイシン—ロイシン—アラニン)という保存配列があったため、これらの5つのタンパク質は、DELLA タンパク質と呼ばれることになった。図1(C)は、*GAI* 遺伝子の欠失変異体を示している。



野生型は、*GAI* 遺伝子に変異のないものとする。

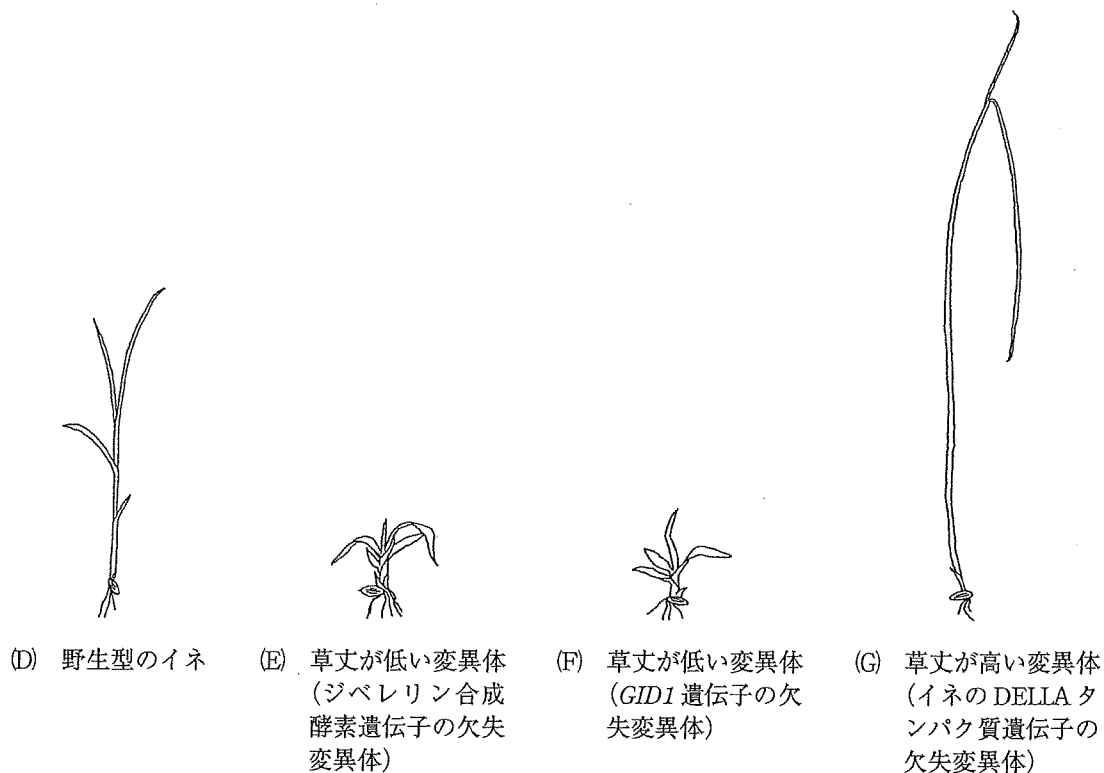
図1 シロイヌナズナの野生型および変異体



N 末端はタンパク質のアミノ基がある末端を指し、C 末端はタンパク質のカルボキシル基がある末端を指す。

図2 GAI タンパク質の一次構造

一方、名古屋大学のグループを中心に、ジベレリンに関わるイネのさまざまな変異体が単離された(図3)。野生型(D)と変異型(E)を比較すると、(E)は草丈が低く、イネの中でジベレリンを作ることができないジベレリン合成酵素の欠失変異体であることがわかった。(F)の変異体も草丈が低く(E)の変異体と見分けがつかなかったが、(E)と(F)の変異体を用いた実験から、(F)はジベレリンの情報伝達の変異体であると推定した。^③(F)の変異体の原因遺伝子を単離したところ、ジベレリンの細胞内受容体であるGID1の遺伝子が欠失していることが明らかになった。一方で、(G)で示すような草丈が高い変異体も得られた。この変異体の遺伝子を解析したところ、シロイヌナズナのGAIとよく似たイネのDELLAタンパク質遺伝子が欠失していた。また、(F)と(G)の二重変異体を作ると、二重変異体は (ケ) と全く同じ形質を示した。^④



野生型とは、これらの遺伝子に変異がないイネをさす。

図3 イネの野生型と変異体

さらに、イネの DELLA タンパク質と緑色蛍光タンパク質(GFP)の融合タンパク質 (DELLA-GFP 融合タンパク質)の遺伝子を、野生型のイネに遺伝子導入をしたところ、DELLA-GFP 融合タンパク質はイネ細胞の核に局在し、ジベレリンを与えると GFP シグナルは核から消失した。また、GID1 はジベレリンと結合した時のみ、DELLA タンパク質と結合できることもわかった。

現在では、DELLA タンパク質と、GID1 細胞内受容体を中心としたジベレリン情報伝達のしくみは、ジベレリンを植物ホルモンとして使うすべての植物に共通であると考えられている。

設問(4)：下線部③の推定が導き出された実験を設定し、どのような結果が得られたかについて解答欄の枠内で述べよ。

設問(5)：イネにおける変異体の解析や実験結果から、ジベレリンの情報伝達とその作用についてジベレリンがない時とある時に分けて、解答欄の枠内で述べよ。ただし、以下のリストの用語を、それぞれの解答の中ですべて1回は用いること。

(用語リスト)

・草丈伸長 ・細胞内受容体 ・GID1 ・DELLA タンパク質

設問(6)：下線部丸④の (ク) にあてはまるのは、(F)、(G)のうちどちらの変異体か。解答欄に記入せよ。

設問(7)：シロイヌナズナの *d* 変異体(図1(B))が『草丈が低く、ジベレリンを与えても伸びない』という表現型である原因についてどのような可能性が考えられるか。ジベレリン情報伝達のしくみと図2を考え合わせて解答欄の枠内で述べよ。ただし、以下のリストの用語を、すべて1回は用いること。

(用語リスト)

・草丈伸長 ・細胞内受容体 ・GID1 ・DELLA タンパク質
・N末端側の17アミノ酸