জিব্বারেলিন (Gibbrellins)

জাপানে ধান গাছে *Gibberella fujikuroi* নামক অ্যাসকোমাইকোটিনার অন্তর্ভুক্ত একটি ছত্রাক (অযৌন বা ইমপারফেক্ট দশা (*Fusarium monoliforme*) আক্রমণ করলে গাছটি অতিরিক্ত লম্বা হয়, মূল বৃদ্ধি পায় না এবং পরিশেষে রোগাক্রান্ত গাছ মারা যায়। জাপানি চাষিরা এই রোগকে 'ব্যাকানি রোগ' (Bakanae = foolish seedling) বলে ডাকতেন। বিজ্ঞানী কুরোসোয়া (Kurosawa, 1926) আবিষ্কার করেন যে একটি বৃদ্ধি সহায়ক যৌগ এই রোগাক্রান্ত গাছে সৃষ্টি হয় এবং ছত্রাকটির নামানুসারে এর নাম দেন জিব্বারেলিন (Gibbrellin)। পরবর্তীকালে ওয়াবুটা ও সুমুকি (Yabuta and Sumuki, 1938) এই হরমোনটির রাসায়নিক গঠন আবিষ্কার করেন।

রাসায়নিক প্রকৃতি (Chemical Nature) ঃ রাসায়নিকভাবে জিব্বারেলিন হল সাইক্লিক ডাইটারপিনয়েড (Cyclic diterpenoid) যৌগ এবং এই যৌগে সাইক্লোহেক্সেন বলয়ের (Cyclohexane ring) সঙ্গে একটি γ-ল্যাকটোন বলয় থাকে। বর্তমানে প্রায় 125টি জিব্বারেলিক অ্যাসিড (GA) আবিষ্কৃত হয়েছে যার মধ্যে GA_3 ($C_{19}H_{22}O_6$) শারীরবৃত্তীয়ভাবে সবচেয়ে বেশি কার্যকরী। মেভালনিক অ্যাসিড থেকে এই হরমোনের সংশ্লেষ হয়।

শারীরবৃত্তীয় ভূমিকা (Physiological Role) ঃ

❶ **বীজের অঙ্কুরোদ্গম (Germination of Seed) ঃ** GA হরমোনটির সবচেয়ে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা হল যে এটি বীজের অঙ্কুরোদ্গমে সহায়তা করে। GA প্রধানত দানাশস্যের ক্ষেত্রে অঙ্কুরোদ্গমকে ত্বরান্বিত করে। ধান, গম প্রভৃতি বীজে সস্যের চারিদিকে অ্যালিউরোন কোশের (Aleurone layer) একটি সজীব স্তর থাকে। সিক্ত বীজ GA এই স্তরে বিভিন্ন প্রকারের আর্দ্র বিশ্লেষক উৎসেচকের (Hydrolytic enzymes) সংশ্লেষ ঘটায় যাদের মধ্যে অ্যামাইলেজ, ফসফাটেজ, প্রোটিয়েজ প্রভৃতি অন্যতম। এই উৎসেচকগুলি সস্যের জটিল খাদ্য উপাদানগুলিকে বিশ্লিষ্ট করে সরল খাদ্যে পরিণত করে যা গ্রহণ করে ভ্রূণের বৃদ্ধি হয় অর্থাৎ বীজের অঙ্কুরোদ্গম ঘটে। বিজ্ঞানী প্যালেগ ও ভার্নার (Paleg and Varner) GA প্রভাবিত আর্দ্র বিশ্লেষক উৎসেচকের ক্রিয়া সর্বপ্রথম উল্লেখ করেন।

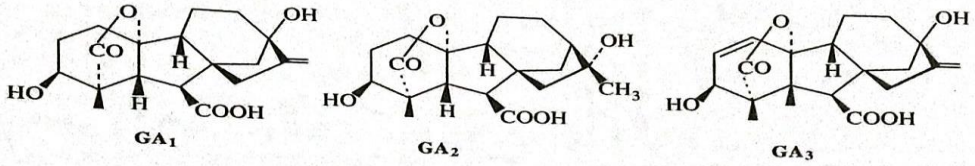

Fig 8.6 ঃ কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ GA অণুর রাসায়নিক গঠন

আধুনিক বিজ্ঞানীরা যেমন হোলে, লাভগ্রভ (Hooley *et al*, 1991; Lovegrove *et al*, 1998) বার্লির বীজের অ্যালুউরোন স্তরে GA কিভাবে α-অ্যামাইলেজ এই ধরনের দানাশস্যের প্রধান সঞ্চিত খাদ্য স্টার্চকে বিশ্লিষ্ট করে মল্টোজ নামক সরল দ্বিশর্করা গঠন করে। সিগন্যাল ট্রান্সডাকশন প্রক্রিয়ায় GA হরমোনটি α-অ্যামাইলেজ সংশ্লেষ করে।

(i) প্রথমে GA_1 হরমোন অ্যালিউরোন কোশ পর্দায় অবস্থিত গ্রাহকের (Receptor) সঙ্গে যুক্ত হয়।

(ii) পরবর্তী পর্যায়ে GA_1 একটি হেটারোমেরিক G-প্রোটিনের সঙ্গে ক্রিয়া করে। এই প্রোটিনের α, β ও γ অধঃএকক ও একটি GTP অণু থাকে।

(iii) এরপর Ca^{2+} অনির্ভর সিগন্যাল ট্রান্সডাকশন (Ca^{2+} independent signal transduction pathway) পথে GA অণু সক্রিয় হয়ে একটি গৌণ বার্তাবহ যৌগ গঠন করে।

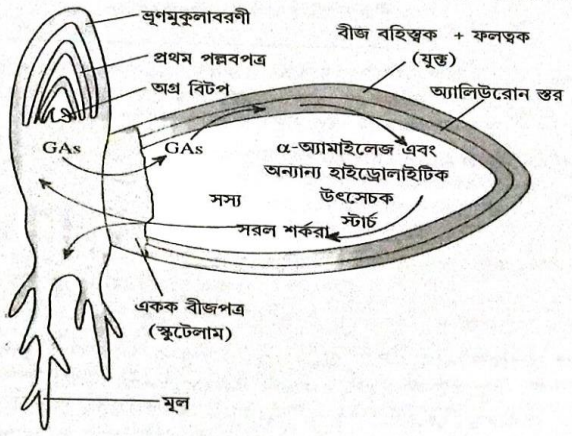

Fig 8.7 ঃ বার্লি বীজে অ্যালিউরোন স্তরের মাধ্যমে খাদ্য পরিবহণ প্রক্রিয়া

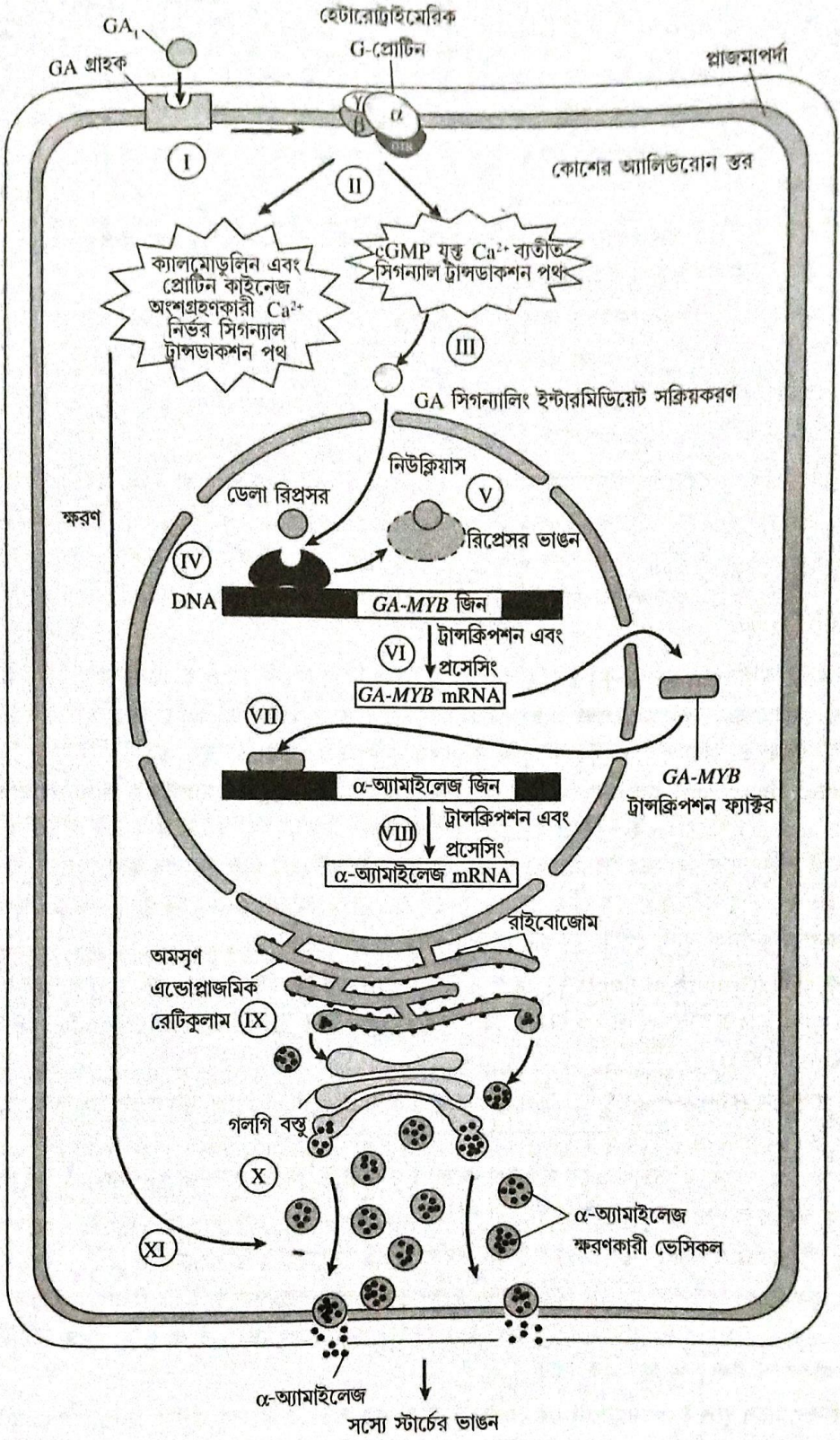

Fig 8.8 ঃ দানাশস্যের অ্যালিউরোন স্তরে GA দ্বারা নিয়ন্ত্রিত α-অ্যামাইলেজ সংশ্লেষের প্রবাহচিত্র

(iv) এই যৌগটি অ্যালিউরোন কোশের নিউক্লিয়াসে প্রবেশ করে। এই কোশের DNA অণুতে একটি GA-MYB জিন থাকে। এই জিনের পাশে DELLA রিপ্রেসর (Repressor) থাকায় জিনটি নিষ্ক্রিয় থাকে।

(v) গৌণ বার্তাবহটি DELLA রিপ্রেসরকে অপসারিত করায় GA-MYB জিন সক্রিয় হয়ে GA-MYB mRNA অণুর সংশ্লেষ ঘটায়। এই mRNA নিউক্লিয়াসের বাইরে এসে GA-MYB ট্রান্সক্রিপশন ফ্যাক্টর নামে একটি প্রোটিন সংশ্লেষ করে।

(vi) এই প্রোটিন পুনরায় নিউক্লিয়াসে প্রবেশ করে α-অ্যামাইলেজ জিনকে সক্রিয় করে α-অ্যামাইলেজ উৎসেচকের সংশ্লেষ ঘটায়।

(vii) এই উৎসেচক অ্যালিউরোন কোশের গলগি বস্তু দ্বারা গঠিত ক্ষরণকারী থলির (Secretory vesicle) সাহায্যে বাহিত হয়ে অ্যালিউরোন কোশ থেকে নির্গত হয়ে সস্যে এসে পৌঁছায়।

(viii) শেষ পর্যায়ে এই উৎসেচক সস্যের স্টার্চকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে মলটোজ ও পরে গ্লুকোজ (মলটেজের মাধ্যমে) উৎপন্ন করে। এই সরলীকৃত শর্করা গ্রহণ করে ভ্রূণের বৃদ্ধি অর্থাৎ অঙ্কুরোদ্গম ঘটে।

(ix) হেটারোমেরিক G-প্রোটিন Ca^{2+} নির্ভর পথে ক্যালমডিউলিন (Calmodulin) এবং প্রোটিন কাইনেজের সহায়তায় পৃথক পদ্ধতিতেও α-অ্যামাইলেজ উৎপন্ন করতে পারে।

❷ **কোশ বিভাজন ও কোশের আয়তন বৃদ্ধি (Cell Division and Cell Elongation) :** GA প্রয়োগ করলে অগ্রস্থ ভাজক কলাস্তরের এবং পর্বমধ্যের কোশগুলি দ্রুত বিভাজিত হয়। গামা রশ্মি প্রভাবিত গমের অঙ্কুরে কোশবিভাজন ব্যাহত হয় কিন্তু এই ধরনের অঙ্কুরে GA প্রয়োগ করলে বিভাজন প্রক্রিয়া ত্বরান্বিত হয়। এছাড়া GA কোশের আয়তনেরও বৃদ্ধি ঘটায় কিন্তু অক্সিনের মতো এই প্রক্রিয়া কোশ প্রাচীরের অম্লীভবনের (Cell wall acidification) ফলে ঘটে না।

❸ **কাণ্ডের বৃদ্ধি (Stem Growth) :** GA হরমোনটি কোশ বিভাজনকে ত্বরান্বিত করেই কাণ্ডের বৃদ্ধি ঘটায় এবং এই ধরনের বৃদ্ধি প্রধানত পর্বমধ্য অঞ্চলে হয়। লাল আলোর প্রভাবে মটর গাছ খর্বতা প্রাপ্ত হয় এবং এই ধরনের গাছে GA_1 ও GA_5 প্রয়োগ করলে গাছের বৃদ্ধি দ্বিগুণের বেশি হয়। ভুট্টা গাছের একটি মিউট্যান্ট জিনগতভাবে খর্ব (Genetic dwarfism) হয় এবং পর্বমধ্য অতি ক্ষুদ্র হওয়ায় পাতাগুলি গোলাপের পাপড়ির মতো ঘন সন্নিবিষ্ট (Rosette leaf) থাকে। এই ধরনের গাছে GA স্প্রে করলে পর্বমধ্য বৃদ্ধি পেয়ে গাছটি স্বাভাবিক দৈর্ঘ্যে উপনীত হয়—এই প্রক্রিয়াকে **বোল্টিং** (Bolting) বলে। এই ধরনের মিউট্যান্ট GA সংশ্লেষ করতে পারে না বলে পর্বমধ্যের বৃদ্ধি হয় না, তাই বাইরে থেকে GA প্রয়োগ করলে গাছের স্বাভাবিক বৃদ্ধি হয়। বাঁধাকপিতে (অঙ্গজ মুকুল) GA স্প্রে করলে পর্বমধ্য বৃদ্ধি পেয়ে মুকুলটি ছোটো গাছে পরিণত হয়।

❹ **মূলের বৃদ্ধি (Growth of Root) :** মটর ও *Arabidopsis* এর মিউট্যান্টে GA-এর জৈব সংশ্লেষ বন্ধ হয়ে যাওয়ায় মূলের বৃদ্ধি ব্যাহত হয়। এক্ষেত্রেও GA প্রয়োগ করলে মূলতন্ত্রকে স্বাভাবিকভাবে বেড়ে উঠতে দেখা যায় (Fu and Harberd, 2003)।

❺ **পুষ্প প্রস্ফুটন (Flowering) :** দীর্ঘ দিবা উদ্ভিদকে (Long day plant) হ্রস্ব দিবায় রাখলে ফুল ফোটে না কিন্তু এই অবস্থায় GA প্রয়োগ করলে ফুল ফুটতে দেখা যায়। বিজ্ঞানীরা প্রমাণ করেছেন যে GA পুষ্প প্রস্ফুটনকারী হরমোন ফ্লোরিজেনের সংশ্লেষে প্রত্যক্ষভাবে সহায়তা করে। হ্রস্ব-দিবা উদ্ভিদকে (Short day plant) দীর্ঘ দিবায় রেখে GA প্রয়োগ করলে অবশ্য ফুল ফুটতে দেখা যায় না।

❻ **লিঙ্গ পরিবর্তন (Change of Sex) :** লিঙ্গ নির্ধারণে এই হরমোনের উল্লেখযোগ্য ভূমিকা আছে। কিউকারবিটেসি অর্থাৎ কুমড়োজাতীয় গাছে GA অধিক ঘনত্বে পুংপুষ্প এবং কম ঘনত্বে স্ত্রী পুষ্পের সংখ্যা বৃদ্ধি করে। ফিনে (Phinney, 1979) লক্ষ করেছিলেন যে GA_{17}, GA_{19} প্রভৃতি প্রয়োগ করলে ভুট্টা গাছে ট্যাসেল (Tassel) বা পুংপুষ্পবিন্যাস উৎপাদন ত্বরান্বিত হয়।

❼ **ফল উৎপাদনে (In Production of Fruit) :** GA এর প্রভাবে ফলের সেটিং (Fruit setting) অর্থাৎ নিষেক পরবর্তী ফলের বৃদ্ধির হার বেড়ে যায়। আঙুরে 'Thompson seedling' ভ্যারাইটিতে GA_3 প্রয়োগ করলে ফুলের অক্ষটি অনেক দীর্ঘ হওয়ায় আঙ্গুরের থোকাটি বড়ো হয় এবং ফলের সংখ্যাও অনেক বেশি হয়।

❽ **বীজবিহীন ফল উৎপাদন (Production of Parthenocarpic Fruit) ঃ** নিষেকের আগে ফুলে GA স্প্রে করলে গর্ভাশয়ের কোশগুলি দ্রুত বিভাজিত হয়ে বীজবিহীন ফল সৃষ্টি করে। টম্যাটো, আঙুর, ন্যাসপাতি প্রভৃতি ফলের ক্ষেত্রে বীজবিহীন ফলগুলি আকৃতিতেও বড়ো হয়।

Fig 8.9 ঃ GA প্রয়োগের মাধ্যমে আঙুর গুচ্ছের দৈর্ঘ্য ও ফলের সংখ্যা বৃদ্ধি

Fig 8.10 ঃ GA প্রয়োগের ফলে বাঁধাকপির পর্বমধ্যের অস্বাভাবিক বৃদ্ধি ও পুষ্প প্রস্ফুটন