

(Protein Synthesis)

প্রোটিন সংশ্লেষণ হলো সেই জৈব-রাসায়নিক প্রক্রিয়া, যার মাধ্যমে DNA-তে সঞ্চিত জেনেটিক তথ্য mRNA-এর মাধ্যমে রাইবোজোমে পৌঁছে নির্দিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডের সিকোয়েন্সে একটি কার্যকর প্রোটিন অণু গঠিত হয়।

প্রোটিন সংশ্লেষণ (Protein Synthesis) সাধারণত তিনটি ধাপে সম্পন্ন হয় যথা: ১। ট্রান্সক্রিপশন (Transcription) ২। mRNA চূড়ান্তকরণ (mRNA Processing) ৩। ট্রান্সলেশন (Translation)

ট্রান্সক্রিপশন (Transcription)

সংজ্ঞা: যে এনজাইমেটিক পদ্ধতিতে DNA টেমপ্লেট সূত্রের নিউক্লিওটাইড নির্দিষ্ট ক্রমের (sequence) বিপরীত ক্রমযুক্ত mRNA সংশ্লেষিত হয় এবং এই mRNA প্রোটিন তৈরির প্রয়োজনীয় জেনেটিক বার্তা বহন করে তাকে ট্রান্সক্রিপশন বলা হয়। অর্থাৎ DNA থেকে mRNA সৃষ্টিই হলো ট্রান্সক্রিপশন। DNA ডাবল হেলিক্স এর দুটি সূত্রের মধ্যে, যে সূত্রটির উপর mRNA অণু সৃষ্টি হবে তাকে টেমপ্লেট সূত্র (template strand) বলে এবং এর বিপরীতে যে সূত্রটি নিষ্ক্রিয় থাকে তাকে Non Template strand বলে। সাধারণত DNA অণুর ৫'→৩' সূত্রটি Non Template strand। ৩'→৫' মুখী সূত্রটি Template strand হিসেবে কাজ করে। ইউক্যারিওটিক কোষের নিউক্লিয়াসে এবং প্রোক্যারিওটিক কোষের সাইটোপ্লাজমে ট্রান্সক্রিপশন ঘটে।

ট্রান্সক্রিপশনের জন্য প্রয়োজনীয় উপকরণসমূহ :

- ১) একটি টেমপ্লেট বা ছাঁচ।
- ২) RNA পলিমারেজ এনজাইম।
- ৩) মুক্ত রাইবোনিউক্লিওটাইড।
- ৪) কতিপয় সহযোগী প্রোটিন।
- ৫) দ্বিযোজী ধাতব আয়ন (Mn^{++} , Mg^{++})।

ট্রান্সক্রিপশন কৌশল : ট্রান্সক্রিপশন প্রক্রিয়াটি অত্যন্ত জটিল এবং RNA পলিমারেজ নামক এনজাইম এই প্রক্রিয়ায় প্রধান ভূমিকা রাখে। নির্দিষ্ট কতকগুলো ধাপের মাধ্যমে ট্রান্সক্রিপশন পদ্ধতিটি সংঘটিত হয়। যথা-

১। প্রারম্ভিক ধাপ (Initiation phase): এই ধাপে প্রথমে RNA পলিমারেজ এনজাইম DNA অণুর প্রোমোটার স্থান শনাক্ত করে তার সাথে আবদ্ধ হয়। DNA-তে প্রতিটি জিনের জন্য একটি প্রোমোটার থাকে। এই প্রোমোটারই হলো RNA পলিমারেজ-এর সংযুক্তকারী স্থান (binding site)। DNA টেমপ্লেট স্ট্র্যান্ডের প্রোমোটার অঞ্চলে RNA পলিমারেজ এনজাইম যুক্ত হবার মাধ্যমে ট্রান্সক্রিপশন শুরু হয়। সিগমা ফ্যাক্টরটি প্রারম্ভিক বিন্দু নির্বাচন করে এবং DNA-এর পাক খোলার মাধ্যমে mRNA সংশ্লেষণের কাজ শুরু হয়। প্রাথমিকভাবে কমপক্ষে ২০টি বেসপেয়ার এর পাক খুলে যায়। DNA অণুর যে নির্দিষ্ট নিউক্লিওটাইড থেকে mRNA সংশ্লেষণ শুরু হয় তাকে ট্রান্সক্রিপশন সূচনা বিন্দু (transcription start point) বলে।

২। mRNA দীর্ঘকরণ ধাপ (Elongation phase) : DNA অণুর সূত্র দুটি আলাদা হওয়ার ফলে ট্রান্সক্রিপশন বুদ বুদ- (transcription bubble) নামক লুপের সৃষ্টি হয়। খুলে যাওয়া সূত্র দুটির মধ্যে, ৩' → ৫' মুখী সূত্রটি সচরাচর টেমপ্লেট সূত্র হিসেবে কাজ করে। RNA পলিমারেজ এবং Mn^{++} ও Mg^{++} এর সহায়তায় DNA-র টেমপ্লেট সূত্র বরাবর mRNA অণুর নিউক্লিওটাইডগুলোর সংশ্লেষণ ঘটতে থাকে। mRNA সূত্রটি ৫'→৩' মুখী হয়ে বৃদ্ধি পায়। টেমপ্লেট সূত্রে যে বেসগুলো আছে তার পরিপূরক বেসগুলো যুক্ত হয়ে mRNA অণুর সূত্রের দীর্ঘকরণ চলতে থাকে। কিন্তু টেমপ্লেট সূত্রকে বেস A থাকলে তার পরিপূরক বেস হিসেবে U যুক্ত হয়। অর্থাৎ টেমপ্লেট সূত্রের সিকুয়েন্স যদি **3'TACCGAATGATC5'** হয় তাহলে নতুন সৃষ্ট mRNA -এর সিকুয়েন্স হবে

5'AUGGCUUACUAG3'।

৩। সমাপ্তি দশা (Termination Phase) : ট্রান্সক্রিপশন প্রক্রিয়াটি কীভাবে সমাপ্তি ঘটে তা এখনো অস্পষ্ট রয়েছে। তবে ধারণা করা হয় mRNA স্ট্র্যান্ডে যদি GC সমৃদ্ধ অনেক ক্ষারক থাকে তবে তারা নিজেদের মধ্যে লুপ (loop) তৈরি করে। এই লুপটি কমার (,) মতো কাজ করে। লুপ তৈরি হলে RNA পলিমারেজ এনজাইম প্রায় ৬০ সেকেন্ড সময় থমকে দাঁড়িয়ে থাকে এবং এরপর ট্রান্সক্রিপশন থেমে যায়। mRNA সংশ্লেষণ শেষ হলে টার্মিনেটর ফ্যাক্টর বা রো (p) ফ্যাক্টরের সাহায্যে RNA পলিমারেজ, mRNA ও DNA পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হয়ে পড়ে। মুক্ত RNA পলিমারেজ পুনরায় ট্রান্সক্রিপশনে সহায়তা করতে পারে।

mRNA চূড়ান্তকরণ (mRNA Processing)

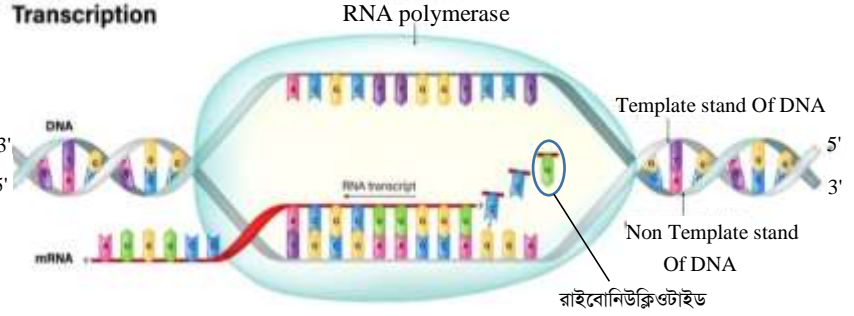
প্রকৃত কোষের ক্ষেত্রে ট্রান্সক্রিপশনের মাধ্যমে যে mRNA সূত্রটি তৈরি হয় তাকে বলা হয় প্রি-mRNA। প্রি-mRNA টি সরাসরি ট্রান্সলেশন প্রক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। বিশেষ প্রক্রিয়াজাতকরণের মাধ্যমে প্রি-mRNA থেকে চূড়ান্ত mRNA তৈরি হয়। প্রি-mRNA থেকে চূড়ান্ত mRNA তৈরির প্রক্রিয়াকে mRNA প্রসেসিং বলা হয়। প্রি-mRNA সূত্র চূড়ান্ত থেকে দীর্ঘ হয়। প্রি-mRNA -তে কোডিং এবং নন কোডিং অংশ থাকে। প্রি-mRNA -এর কোডিং অংশকে এক্সোন (exon) এবং নন কোডিং অংশকে ইন্ট্রন (intron) বলে। mRNA -এর কেবল এক্সোন অংশ ট্রান্সলেশন প্রক্রিয়ায় অংশ নিতে পারে। তাই প্রি-mRNA সূত্র হতে ইন্ট্রন অংশসমূহ বাদ দিয়ে কেবল এক্সোন অংশ রেখে mRNA চূড়ান্ত হয়। চূড়ান্ত mRNA নিউক্লিয়ার ছিদ্রপথে বের হয়ে সহজে রাইবোজোমের সাথে যুক্ত হতে পারে।

ট্রান্সলেশন (Translation)

সংজ্ঞা: যে প্রক্রিয়ায় mRNA -তে বেস সিকুয়েন্স আকারে রক্ষিত তথ্য অনুযায়ী নির্দিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলো একের পর এক পেপটাইড বন্ধনের মাধ্যমে পলিপেপটাইড চেইন অর্থাৎ প্রোটিন তৈরি করে তাকে ট্রান্সলেশন বলে। অর্থাৎ mRNA থেকে প্রোটিন সৃষ্টির প্রক্রিয়াকে ট্রান্সলেশন বলা হয়।

ট্রান্সলেশন প্রক্রিয়ার প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ :

- (১) DNA-র বার্তা বহনকারী mRNA ;
- (২) সুনির্দিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিড বহনকারী tRNA ;
- (৩) অ্যামাইনো অ্যাসিড (২০ ধরনের);
- (৪) রাইবোজোম;
- (৫) Mg^{++} এবং ATP
- (৬) অ্যামাইনো এসাইল tRNA সিন্থেটেজ এনজাইম
- (৭) পেপটিডাইল ট্রান্সফারেজ এনজাইম
- (৮) সূচনাকারী এবং দীর্ঘকরণ ফ্যাক্টর (৯) মুক্তকরণ ফ্যাক্টর এবং (১০) Stop কোডন।



ট্রান্সলেশন কৌশল: প্রোটিন সংশ্লেষণ বা ট্রান্সলেশন প্রক্রিয়াটি একটি অত্যন্ত জটিল প্রক্রিয়া। একে চারটি ধাপে বর্ণনা করা যায়। যথা-

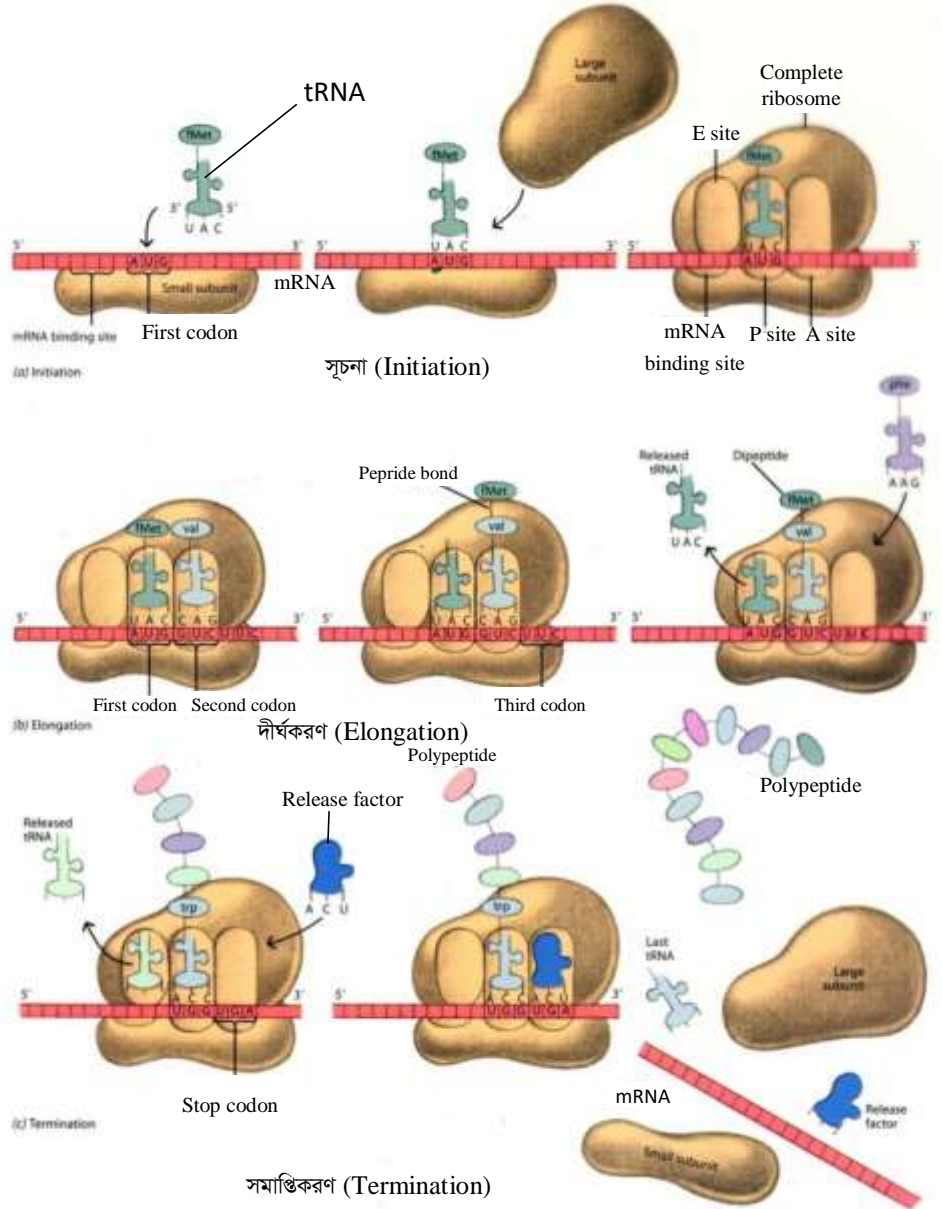
১. অ্যামাইনো অ্যাসিডের সক্রিয়তা (Activation of amino acid); ২. প্রারম্ভিকরণ (Initiation); ৩. বর্ধিতকরণ (Elongation); ৪. সমাপ্তিকরণ (Termination)।

১। অ্যামাইনো অ্যাসিডের সক্রিয়করণ বা অ্যাক্টিভেশন (Activation of amino acid) : ট্রান্সলেশন তথা প্রোটিন তৈরির মূল উপাদান হলো অ্যামাইনো অ্যাসিড। প্রোটিন তৈরিতে যে অ্যামাইনো অ্যাসিডগুলো ব্যবহৃত হবে সেগুলো সক্রিয়করণ হতে হয়। এই প্রক্রিয়াটি কোষের সাইটোসোলে সংঘটিত হয়। সাইটোসোলে অবস্থিত ২০ প্রকার বিভিন্ন অ্যামাইনো অ্যাসিড, সুনির্দিষ্ট tRNA -র সাথে এস্টার বন্ধনের মাধ্যমে যুক্ত হয়ে অ্যামাইনো অ্যাসাইল tRNA গঠন করে। এটিই সক্রিয় অ্যামাইনো অ্যাসিড। বিক্রিয়াটি Mg^{++} এবং ATP এর ওপর নির্ভরশীল। অ্যামাইনো এসাইল tRNA সিস্টেটেজ এনজাইম এ বিক্রিয়ায় সহায়তা করে।

২। সূচনা (Initiation) : একদিকে অ্যামাইনো অ্যাসিডের অ্যাক্টিভেশন সম্পন্ন হয়, অন্যদিকে রাইবোজোমের সাথে mRNA -র সংযুক্তি (binding) ঘটে। অ্যামাইনো অ্যাসিডের অ্যাক্টিভেশনের পর tRNA একটি অ্যাক্টিভেটেড অ্যামাইনো অ্যাসিড নিয়ে mRNA -র কাছে আসে এবং tRNA এর এন্টিকোডন mRNA এর সুনির্দিষ্ট ও পরিপূরক কোডনের সাথে যুক্ত হয়। এক্ষেত্রে প্রোটিন সংশ্লেষণ তথা ট্রান্সলেশন প্রক্রিয়া অ্যামাইনো অ্যাসিড(অ্যাক্টিভেটেড methionine) দ্বারা শুরু হয় যা AUG কোডন (একে প্রারম্ভিক কোডন বলে) দ্বারা নির্দেশিত হয়। AUG কোডনে যুক্ত tRNA কে met-tRNA বলে। met-tRNA রাইবোজোমের P অঞ্চলে (P site) অবস্থান করে।

৩। দীর্ঘকরণ (Elongation) : এ ধাপে mRNA তার প্রারম্ভিক কোডন AUG-র পরবর্তী কোডন দ্বারা নির্দেশিত অ্যামাইনো অ্যাসাইল tRNA রাইবোজোমের A অঞ্চলে (A site) যুক্ত হয়। এবার পেপটিডাইল ট্রান্সফারেজ এনজাইম দ্বারা A অঞ্চলে অবস্থানরত অ্যামাইনো অ্যাসাইল tRNA এর অ্যামাইনো অ্যাসিড P Site এ অবস্থানরত met-tRNA এর অ্যামাইনো অ্যাসিডের সাথে পেপটাইড বন্ধনী গঠন করে। এরপর ধীরে ধীরে রাইবোজোম mRNA -এর 5' থেকে 3' প্রান্তের দিকে অগ্রসর হতে থাকে। ফলে প্রারম্ভিক tRNA টি রাইবোজোমের 'E' সাইট (exit site) দিয়ে মুক্ত হয় এবং নতুন tRNA টি P-সাইটে চলে আসে। এবার A-সাইটে আবার পরিপূরক এন্টিকোডন যুক্ত অ্যামাইনো অ্যাসাইল tRNA যুক্ত হয়। এভাবে mRNA -এর কোডন অনুসারে একটির পর একটি সক্রিয়কৃত অ্যামাইনো অ্যাসিড পরপর পেপটাইড বন্ধনীর মাধ্যমে যুক্ত হয়ে পলিপেপটাইড চেইন তথা প্রোটিন তৈরি করে। পেপটিডাইল ট্রান্সফারেজ এনজাইম এবং দীর্ঘকরণ ফ্যাক্টর (elongation factor) এ কাজে সহায়তা করে।

৪। সমাপ্তিকরণ (Termination) : বর্ধিতকরণ (Elongation) প্রক্রিয়া চলতে চলতে তিনটি সমাপ্তি কোডন (stop codon) UAA, UAG এবং UGA এর যেকোনো একটি A Site আসা মাত্র মুক্তকরণ ফ্যাক্টরের সহায়তায় পেপটাইড সংশ্লেষণ সমাপ্ত হয় এবং রাইবোজোম থেকে মুক্ত হয়। এভাবে জিন বা DNA-র বার্তা বা নির্দেশে রাইবোজোমে নির্দিষ্ট প্রোটিন সংশ্লেষিত হয় যা সরাসরি বা পরবর্তীতে এনজাইমে রূপান্তরিত হয়ে বৈশিষ্ট্য প্রকাশে ভূমিকা রাখে।



ট্রান্সক্রিপশন ও ট্রান্সলেশনের মাধ্যে পার্থক্য

ট্রান্সক্রিপশন।	ট্রান্সলেশন।
১। DNA-র কোড অনুসারে নির্দিষ্ট DNA অংশ বা জিন থেকে RNA সৃষ্টির প্রক্রিয়া হলো ট্রান্সক্রিপশন।	১। mRNA -র কোডনের ক্রম অনুসারে নির্দিষ্ট অ্যামাইনো অ্যাসিডসমূহ যুক্ত হয়ে পলিপেপটাইড বা প্রোটিন সংশ্লেষণের প্রক্রিয়াকে বলা হয় ট্রান্সলেশন।
২। আদিকোষের ট্রান্সক্রিপশন সাইটোপ্লাজমে এবং প্রকৃত কোষের ট্রান্সক্রিপশন নিউক্লিয়াসের মধ্যে ঘটে।	২। কিন্তু ট্রান্সলেশন সমস্ত জীবকোষের সাইটোপ্লাজমে রাইবোজোমের মধ্যে ঘটে।
৩। ট্রান্সক্রিপশনের জন্য রাইবোজোমের প্রয়োজন হয় না।	৩। ট্রান্সলেশন রাইবোজোম ছাড়া ঘটে না।
৪। ট্রান্সক্রিপশনের জন্য প্রধানত RNA পলিমারেজ এনজাইমের প্রয়োজন হয়।	৪। ট্রান্সলেশনের জন্য বিভিন্ন রকম এনজাইম ও প্রোটিন ফ্যাক্টরের প্রয়োজন হয়।
৫। অ্যামাইনো অ্যাসিডের কোনো ভূমিকা নেই।	৫। অ্যামাইনো অ্যাসিড ছাড়া ট্রান্সলেশন অসম্ভব।
৬। প্রোমোটার-এর প্রয়োজন হয়।	৬। প্রোমোটার-এর প্রয়োজন হয় না।