पादप हार्मोन (Plant Hormones)

इन्हें **वृद्धि हार्मोन** (growth hormone), **वृद्धि नियंत्रक** (growth regulators) एवं **वृद्धि पदार्थ** (growth substances) के नाम से भी जाना जाता है।

इस शब्द का उपयोग सर्वप्रथम **स्टार्लिंग** (Starling, 1904) ने किया था जिसका अर्थ है **उद्दीप्त करना**।

पिंकस एवं थीमेन (Pincus and Thimann, 1948) के अनुसार पादप हार्मोन (phytohormones) पादप द्वारा अति सूक्ष्म मात्रा में संश्लेषित कार्बनिक पदार्थ हैं जो अपने संश्लेषण स्थल से दूर वृद्धि एवं अन्य कार्यिकी प्रक्रियाओं को नियंत्रित व प्रभावित करते हैं।

पादप हार्मोन के मुख्य लक्षण (Characteristics of phytohormones)

1. **ये अधिकांशतः मूल शीर्ष, प्ररोह शीर्ष अथवा पर्ण शीर्ष पर संश्लेषित होते हैं।**
2. ये सदैव कार्बनिक पदार्थ होते हैं।
3. **इनकी अत्यंत सूक्ष्म मात्रा ही पर्याप्त होती है।**
4. ये अत्यंत सूक्ष्म परन्तु निश्चित सांद्रता में ही वृद्धि अथवा अन्य कार्यों को प्रेरित व प्रभावित करते हैं।
5. ये सदैव स्वयं के संश्लेषण स्थल से दूर अपना प्रभाव डालते हैं |

प्रकृति में पाये जाने पादप हार्मोनों के मुख्य रूप से पांच समूह हैं-

ऑक्सिन (auxins), जिबरैलिन (gibberellins), सायटोकाइनिन (cytokinins), इथाइलीन (ethylene) एवं ऐबसिसिक अम्ल (abscisic acid) |

इन पादप हार्मोनों को दो समूहों में बांटा जा सकता है

1. वृद्धि प्रवर्धक हार्मोन (Growth promoting hormones)- ये पादप व उनके विभिन्न अंगों में वृद्धि प्रेरित करते हैं जैसे **ऑक्सिन, जिबरैलिन, सायटोकाइनिन आदि।**

2. वृद्धि संदमक हार्मोन (Growth inhibitory hormones)- ये हार्मोन पादप अथवा उनके अंगों में वृद्धि को रोकते अथवा संदमित करते हैं **उदाहरण- एबसिसिक अम्ल ABA**

I. ऑक्सिन (Auxins)

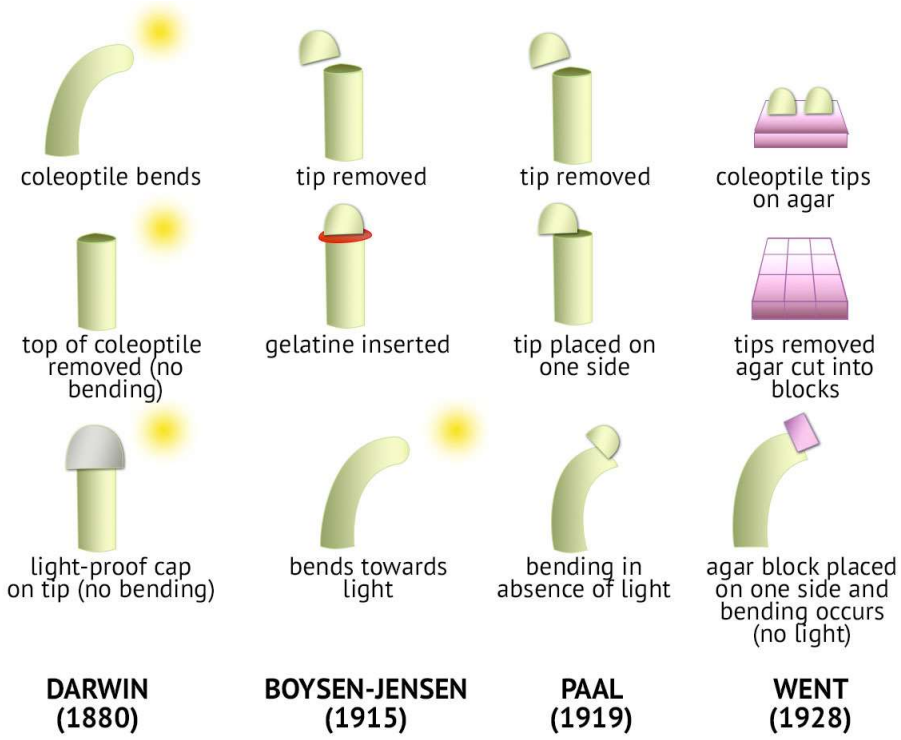
वे वृद्धि नियंत्रक कार्बनिक पदार्थ जो मूल एवं स्तम्भ के शीर्ष पर उपापचयन के फलस्वरूप उत्पन्न होते हैं तथा जिनका कोशिका दीर्धीकरण के लिए स्थानांतरण दीर्धीकरण क्षेत्र में होता है **ऑक्सिन** (auxin) कहलाते हैं।

ऑक्सिन नाम **कोल** (Kogl) द्वारा दिया गया था। इस की उत्पत्ति **ग्रीक** शब्द Auxin से हुई है जिसका अर्थ है **वृद्धि करना** (to grow)।

ऑक्सिन की खोज (Discovery of auxins)

विभिन्न पादप हार्मोनों में से सर्वप्रथम ऑक्सिंन की खोज की गयी थी। इन की खोज का श्रेय प्रसिद्ध जीव विज्ञानी **चार्ल्स डार्विन** (Charles Darwin. 1880) को जाता है **जिन्होंने कैनेरी घास फैलेरिस कैनारिएन्सिस (Phalaris canariensis) के प्रांकुर चोल (coleoptile) पर कुछ प्रयोग किये थे।**

उन्होनें पाया कि प्रांकुर चोल को एक तरफा प्रकाश देने पर वे प्रकाश की दिशा की ओर मुड़ जाते हैं। **प्रांकुर चोल शीर्ष को ढक देने पर अथवा काट देने पर इस प्रकार का प्रकाश की ओर वक्रण दिखाई नहीं देता अर्थात् प्रांकुर चोल का शीर्ष प्रकाश को ग्रहण करके प्रकाशित व अप्रकाशित भाग में असमान वृद्धि को प्रेरित करता है।**



बोयसन जैनसन (Boysen-Jensen 1910-13) ने प्रांकुर चोल के शीर्ष को काट कर बीच में जिलेटिन का एक ब्लाक रखा फिर एक तरफा प्रकाश देने पर पाया कि वे प्रकाश की ओर मुड़ जाते हैं।

दूसरे प्रयोग में उन्होंने देखा कि यदि एक तरफा प्रकाश से प्रदीप्त घास के नवोद्भिद के छाया वाले आधे भाग पर प्रांकुर चोल के शीर्ष के नीचे अभ्रक की प्लेट (mica plate) रख दी जाये तो प्रांकुर चोल प्रकाश की ओर नहीं मुड़ता है। परन्तु इस के वितरीत आधे प्रदीप्त भाग की ओर अभ्रक प्लेट को रखा जाये तो प्रांकुर चोल प्रकाशानुवर्ती वक्रता (phototropic curvature) प्रदर्शित करता है।

इस से सिद्ध होता है कि प्रकाशानुवर्ती वक्रता के लिए उद्दीपन अथवा उद्दीपक पदार्थ शीर्ष से छायामय भाग से ही नीचे स्थानांतरित होता है।

पाल (Paal, 1914-1919) ने अपने प्रयोग में बताया कि जिलेटिन के स्थान पर कोको बटर, अभ्रक अथवा प्लेटिनम की प्लेट का प्रयोग करने पर उद्दीपन का स्थानान्तरण नहीं होता अर्थात संभवतः यह उद्दीपक पदार्थ जल में विलेय होता है। उन्होंने अंधकार में नवोद्भिद के शीर्ष को आधे भाग पर टिकाते हुए इसे पुनः रखा तब भी प्रकाशानुवर्ती वक्रता के समान वक्रता दिखाई दी।

वेंट (Went, 1926, 1928) ने जई के प्रांकुर चोल से शीर्ष को हटा कर अगार के एक खंड पर कुछ देर के लिए रखा। फिर इस ब्लाक के टुकड़े कर के शीर्ष विहीन प्रांकुर पर असममित रूप से (asymmetrically) रखा तो उसमें अंधकार में भी वक्रता पाई।

- उन्होंने शीर्ष को लम्बवत बराबर भागों में काट कर दोनों के नीचे अलग-अलग अगार के टुकडे रखे व एकतरफा प्रकाश दिया तथा असमान वितरण को प्रदर्शित किया प्रकाश की ओर 27% तथा अंधकार की ओर 57% ऑक्सिन प्राप्त हुआ।
- चारों ओर से प्रकाशित शीर्ष में अगार खंडों में समान मात्रा में आक्सिन पाया गया।

प्राप्ति स्थल एवं स्थानांतरण (Occurrence and transport)

सामान्यतः पादपों के सभी अंगों में ऑक्सीन की उपस्थिति हो सकती है किन्तु ऑक्सिन की सांद्रता सबसे ज्यादा शीर्ष बिन्दुओं जैसे प्ररोह शीर्ष, कलिका, प्रांकुर चोल, पर्ण शीर्ष, वृद्धिकारी फल, भ्रूण एवं बीज इत्यादि में पाई जाती है। यहाँ से शीघ्र ही इन का स्थानांतरण अन्य भागों की ओर हो जाता है।

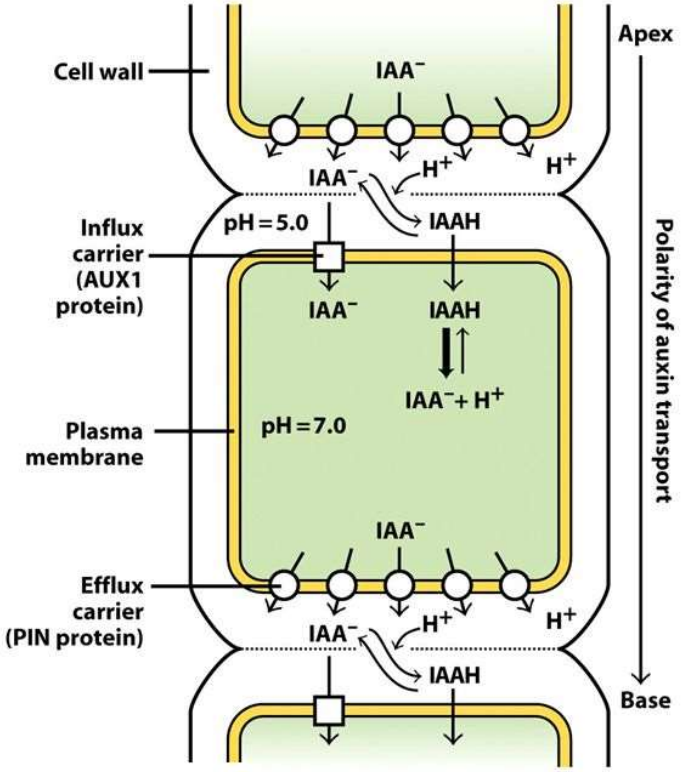
FW WENT (1928) ने ऑक्सिन के ध्रुवीय स्थानांतरण का प्रदर्शन किया। ऑक्सिन का स्थानांतरण हमेशा शीर्ष से आधार की तरफ ही होता है। प्ररोह में यह स्थानान्तरण शीर्ष से नीचे की ओर अर्थात तलाभिसारी (basipetal)तथा मूल शीर्ष से ऊपर की ओर अर्थात् अग्राभिसारी(acropetal) होता है। इस प्रकार का स्थानान्तरण ध्रुवीय स्थानान्तरण (polar transport) कहलाता है। यह प्रक्रिया सान्द्रता प्रवणता (concentration gradient) के विपरीत दिशा में भी हो सकती है।

जैकब (Jacobs, 1962) के अनुसार परिपक्व व विभेदित ऊतकों में ऑक्सिन की गति ध्रुवीय (polar) एवं अध्रुवीय (non polar) दोनों प्रकार की होती है।

सामान्तयः आक्सिन का स्थानान्तरण पोषवाह मृदूतक अथवा संवहन पूलों के परिधीय मृदूतकी कोशिकाओं के माध्यम से होता है। इस संदर्भ में कुछ तथ्य ऑक्सिन के सक्रिय स्थानान्तरण का पुष्टीकरण करते हैं।

1. ऑक्सिन स्थानान्तरण की गति विसरण द्वारा संभावित गति से लगभग 10 गुना से भी अधिक होती है।
2. सांद्रता प्रवणता (concentration gradient) के विपरीत ऑक्सिन स्थानांतरण सक्रिय विधि द्वारा ही सम्भव हो सकता है।
3. ऑक्सिन स्थानान्तरण की ऑक्सीकरण उपापचय पर निर्भरता एवं ATP के निर्माण के संदमकों की उपस्थिति में ऑक्सिन स्थानान्तरण में कमी भी इनके सक्रिय स्थानान्तरण का संकेत देते हैं।

लुण्ड (Lund, 1947) के अनुसार ऑक्सिन का अभिगमन वैद्युत विभव (electric potential) के अन्तर द्वारा नियंत्रित होता है। जई के प्रांकुर चोल का आधार, एकतरफा प्रकाश से प्रदीप्त शीर्ष में छाया वाले क्षेत्र तथा क्षैतिज दिशा में रखे गए प्रांकुर चोल में निचली सतह अपेक्षाकृत अधिक धनात्मक होते हैं तथा ऑक्सिन इन की ओर गति करते हैं।



Schematic model for polar auxin transport

गोल्डस्मिथ (Goldsmith, 1977) ने ऑक्सिन के स्थानान्तरण के लिये रसायन-परासरणी परिकल्पना (Chemi-osmotic hypothesis) प्रस्तुत की। ऑक्सिन के ध्रुवीय स्थानान्तरण में ATP की आवश्यकता होती है। कोशिका झिल्ली अनावेशित IAA के Vacuoleलिये अधिक पारगम्य होती है अतः IAA कोशिका झिल्ली से परासरण (निष्क्रिय क्रिया) द्वारा कोशिका द्रव्य में प्रविष्ट होता है। साथ ही ATP के जलापघटन से प्राप्त ऊर्जा का उपयोग करते हुये H^+ आयन जीवद्रव्य से कोशिका भित्ति में स्थानान्तरित होते हैं। इसके फलस्वरूप कोशिका द्रव्य का pH मान बढ़ जाता है। (cytoso pH = 7.0) एवं कोशिका भित्ति में pH घट (5.5) जाता है। कोशिकाद्रव्य में उच्च pH पर IAA H^+ एवं IAA^- आयन में बंट जाता है तथा कोशिका के निचले छोर पर आवेश युक्त IAA(IAA^-) वाहक के माध्यम से कोशिका से बाहर स्थानांतरित हो जाते हैं। इसके साथ ही $2H^+$ आयन

भी जीवद्रव्य से कोशिकाभित्ति में स्थानांतरित हो जाते हैं। कोशिकाभित्ति क्षेत्र में निम्न pH (5.5) पर IAA^- तथा H^+ मिल कर अनावेशित IAA अणु बनाते हैं जो फिर से निचली कोशिका में प्रवेश करते हैं। इस प्रकार ऑक्सिन का ध्रुवीय स्थानांतरण होता है।

इन का स्थानांतरण तापमान, O_2, गुरूत्वाकर्षण, एवं आयु चित्र-5: ऑक्सिन का ध्रुवीय स्थानान्तरण इत्यादि से प्रभावित होता है।

प्राकृतिक ऑक्सिन (Natural auxins)

ये पादपों में प्राकृतिक रूप से पाये जाते हैं।

- **इन्डोल - 3 एसिटिक अम्ल (Indole-3-acetic acid) सर्वाधिक पाया जाता है।**
- **इन्डोल-3 एसिटाल्डिहाइड (Indole-3-acetaldehyde) एवं इन्डोल-3-इथेनोल (Indole-3-ethanol),** **Indole-3 pyruvic Acid, Indole - 3 acetonitrile** भी पाये जाते हैं। इसके अतिरिक्त पादपों में उसी के समान प्रभाव डालने वाले यौगिक 4-क्लोरो इन्डोल एसिटिक अम्ल (4-chloroindole acetic acid) तथा फिनाइल एसिटिक अम्ल (Phenyle acetic acid PAA) है।
- पादपों में आक्सिन मुक्त अवस्था में (free state) अथवा आबद्ध अथवा संयुग्मित (bound or conjugated) अवस्था में पाये जाते हैं।
- संयुग्मित ऑक्सिन अन्य यौगिकों से सहसंयोजी बंध द्वारा जुड़े रहते हैं |
- IAA ग्लूकोसाइड (IAA glucoside). [AA इनोसिटोल (IAA inositol) आदि आबद्ध ऑक्सिन के कुछ उदाहरण हैं। आबद्ध आक्सिन के जल अपघटन से आक्सिन मुक्त हो जाते हैं।
- कोशिका में दोनों ही अवस्थाएं साम्यावस्था में होती हैं एवं आवश्यकता होने पर जलापघटन द्वारा आक्सिन मुक्त हो सकते हैं।

संश्लेषित ऑक्सिन (Synthetic auxins)

ऑक्सिन के समान कार्यिकी प्रभाव वाले अनेक रासायनिक यौगिक बनाये गये हैं इन्हें संश्लेषित ऑक्सिन कहते हैं।

इनके कुछ उदाहरण हैं-

(i) NAA = Naphthalene Acetic Acid :- Its common name is "Horotomone"

(ii) IBA - Indole Butyric Acid :- Its common name is "Rootone"

(iii) 2-4D = 2-4-dichlorophenoxy Acetic Acid

(iv) 2, 4, 5-T (2, 4, 6-Trichlorophenoxy acetic acid.)

(v) Picloram = 2, 3, 5-trichloro- 4-amino picolinic Acid. (Tordon)

(vi) Delapon = 2, 2-dichloro Propionic Acid.

ऑक्सिन का विनाश (Destruction of auxins)

वेंट (Went. 1928) द्वारा किये गये प्रयोग में अगार ब्लाक में कुल ऑक्सिन 84% ही होता है इससे लगता है कि कुछ ऑक्सिन नष्ट हो जाता है अथवा निष्क्रिय हो जाता है। ऑक्सिन दो प्रकार से नष्ट हो सकते हैं

1. एन्जाइम से आक्सीकरण द्वारा 2. प्रकाशीय ऑक्सीकरण द्वारा

IAA का **एन्जाइमी ऑक्सीकरण** IAA ऑक्सीडेज (1AA oxidase) के कारण होता है। विभिन्न पादपों में 1AA ऑक्सीडेज के आइसोमर पाये जाते हैं। यह परॉक्सीडेज (peroxidase) की तरह कार्य करता हैं तथा 1AA का आक्सीकरण कर एक CO, अणु मुक्त करता है इस प्रकार 1AA सक्रिय नहीं रहता। आबद्ध आक्सिन IAA ऑक्सीडेज के प्रति प्रतिरोध गी होते हैं अतः इस एन्जाइम से उन्हें नष्ट नहीं किया जा सकता।

IAA का पराबैंगनी प्रकाश (UV light) तथा आयनीकारी विकिरण (ionising radiation) के कारण आक्सीकरण होता है तथा वह निष्क्रिय हो जाता है। यह प्रक्रिया प्रकाशीय ऑक्सीकरण कहलाती है।

ऑक्सिन का जैव आमापन (Biossay of Auxins)

पादप वृद्धि हार्मोनों की उपस्थिति प्रदर्शित करने के लिये किये जाने वाले संवेदी जैविक परीक्षण (biological tests) जैव आमापन (bio-assay) कहलाते हैं।

ऑक्सिन के जैव आमापन के लिये प्रांकुर चोल वक्रता परीक्षण (Avena coleoptile curvature test) किया जाता है जिसका उपयोग सर्वप्रथम वेंट (F.W. went, 1926) ने किया था।

इसके अतिरिक्त मूल वृद्धि संदमन विधि द्वारा भी आक्सिम का जैव आमापन किया जाता है।

क्रियाविधि (Mechanism of action)

ऑक्सिन तीन स्तरों पर कार्य कर सकते हैं।

1. जीन अभिव्यक्ति (Gene expression)- कुछ वैज्ञानिकों के अनुसार ऑक्सिन संबंधित जीन के अनुलेखन (transcription) को प्रेरित करते हैं। ऑक्सिन सीधे ही अथवा उपयुक्त निष्क्रिय अनुलेखन कारकों (transcription factors) के साथ जुड़ कर उन्हें सक्रिय कारक (active form) में परिवर्तित कर देते हैं जो अनुलेखन (transcription) को प्रेरित करते हैं | MAA की उपस्थिति में कैलस में वृद्धि के साथ mRNA की मात्रा में वृद्धि तथा प्रति ऑक्सिन (anti auxins) की उपस्थिति में mRNA में कमी इस तथ्य को इंगित करते हैं।

2. विकरों की सक्रियता में वृद्धि (Enhanced enzyme activity)- ऑक्सिन विकरों की सक्रियता में वृद्धि करते हैं। संभवतः वे विकर के निष्क्रिय स्वरूप को परिवर्तित कर उसे सक्रिय करते हैं।

स्कूग एवं **साथियों** (Skoog et al. 1942) ने सुझाया कि संभवतः ऑक्सिन सहएन्जाइम के रूप में कार्य करते हैं एवं वृद्धि को नियंत्रित करने वाले एन्जाइम को नियंत्रित करते हैं।

3. कोशिका पारगम्यता (Cell Permeability)- ऑक्सिन कोशिका झिल्ली में उपस्थित H^+ ATP एज प्रोटॉन पम्प को सक्रिय कर देते हैं तथा इसकी पारगम्यता को बढ़ा देते हैं। इससे कोशिका में परासरण द्वारा जल अवशोषण में वृद्धि होती है जो कोशिका की वृद्धि में सहायक होती है।

ऑक्सिन द्वारा प्रेरित विभिन्न प्रक्रियाओं में इनमें से एक अथवा अधिक प्रक्रियाएं शामिल हो सकती हैं।

ऑक्सिन की भूमिका एवं प्रभाव (Role and effects of auxins)

1.शीर्ष प्रभुता (Apical dominance): मुख्यतः पादपों की पार्श्व कलिकाओं (lateral buds) की क्रिया शीर्षस्थ कलिका द्वारा संदमित होती है। इस स्थिति को शीर्ष प्रभुता अथवा प्रभाविता (apical dominance) कहते है। शीर्ष कलिका के हटाने पर पार्श्व कलिकाएँ तीव्रता से वृद्धि करती हैं। इसकी खोज थीमेन एवं स्कूग (Thimann and Skoog, 1933) ने की थी। पार्श्व कलिकाएं IAA के कारण मुख्य तने से संवहन संबंध (vasscular connections) विकसित नहीं कर पाती अतः उन्हें कलिका से शाखा परिवर्धन हेतु वांछित पोषक पदार्थ वांछित मात्रा में नहीं मिल पाते। इसके अतिरिक्त अधिकांश पदार्थों का चालन शीर्ष में केन्द्रित वृद्धि के कारण शीर्ष की ओर होता है। इसी कारण पावं कलिकाओं का प्रवर्धन नहीं हो पाता।

2. कोशिका विभाजन (Cell division): संहवन एधा (cambium) में कोशिका विभाजन की दर IAA एवं मौसमी क्रियाओं - (seasonal activity)द्वारा नियंत्रित होती है। कलम रोपण (grafting) एवं क्षति के दौरान कैलस निर्माण IAA के कारण होता है।

3. कोशिका विवर्धन (Cell enlargement): ऑक्सिन का एक प्रबल प्रभाव कोशिकाओं का दीर्धीकरण एवं विवर्धन (cell elongation and expansion) होता है जिसके फलस्वरूप स्तम्भ एवं फल के आयतन में वृद्धि होती है। कोशिका दीर्धीकरण परासरण सान्द्रता के बढ़ने, भित्ति दाब कम होने, भित्ति की जल के प्रति पारगम्यता के बढ़ने, कोशिका भित्ति के अधिक निर्माण एवं अधिक प्लैस्टिकता (plasticity) के कारण होता है।

पादप कोशिका का विवर्धम मुख्यतः तीन कारणों से होता है।

1. जल विभव के कारण जल का परासरणी अवशोषण होता है।

2. कोशिका भित्ति की दृढ़ता (rigidity) के कारण स्फीति दाब बढ़ जाता है।

3. कोशिका भित्ति को रासायनिक रूप से कमजोर (अणुओं के बीच बन्ध को कमजोर करने से) करके कोशिका को स्फीति दाब के अनुसार प्रसार करने में मदद मिलती है।

ऑक्सिन इन तीनों को प्रभावित करते हैं।

ऑक्सिन के कुछ प्रभाव जैसे प्रांकुर चोल दीर्धीकरण (coleoptile elongation) बहुत कम समय में होते हैं। जबकि कुछ प्रक्रियाएं जैसे कोशिका दीर्धीकरण को प्रारंभ करने की प्रक्रिया के लिए mRNA एवं प्रोटीन संश्लेषण की आवश्यकता होती हैं।