八 卷 敏 雄 植物生長素に関する研究 V.

ジャガイモの休眠除去の生長素的考察*

Toshio YAMAKI : Growth hormones of plants. V.

About the sprouting of peeled potato tubers.

昭和 23 年 1 月 10 日受理

種子、芽等の植物器官には往々休眠現象があり植物生理學上、農學上重要な問題を提供している。品種による差はあるがジャガイモの春作薯の子薯は休眠してそのまゝすぐ置床しても発芽しない。これは頂芽により生産される高濃度の生長素によるもの(頂芽優勢)であるとして、有効な休眠除去劑であるエチレンクロロヒドリンは頂芽優勢を停止させるものである⁽¹⁾故、該藥品で處理後高濃度のインドール醋酸(IAA)、又はナフタリン醋酸(NAA)等で處理すると再び休眠を續ける⁽¹⁻⁸⁾事をその證明としている。この説に反し生長阻害物質の存在⁽⁹⁾、生長素以外で發芽に必要な物質の缺乏⁽¹⁰⁾、生長阻害をする生長素前驅物質^(11,12)、生長素との共同作用によつて阻害をあらわす物質の存在⁽¹³⁾、組織内の高い酸素分壓⁽¹⁴⁾等因るものとする諸説があるが本研究では剥皮による休眠除去法を對象として休眠の生長素的な解析を行つた。

實驗 I. 剥皮及び IAA 處理の休眠除去作用を見た數例の實驗にて皆同様の結果を得た故、その例を I, II 及び第 1 圖に示す。掘取後 1 日の男爵及び紅丸の約 40 g の塊茎を選び剥皮、非剥皮の 2 群に分け、各々を pH 3.5 に緩衝した 10^{-3} 乃至 10^{-8} の IAA 溶液⁽¹⁵⁾に 10 乃至 180 分浸しウスブルンで滅菌後滅菌土壌に植えた所、(1)剥皮、非剥皮共 10^{-6} IAA, 60 乃至 120 分處理の休眠除去作用の大なる事、(2)特に紅丸が剥皮並びに生長素處理に對して敏感である事が認められた⁽¹⁶⁾

II. 前結果より紅丸を主として實驗を續けたうち休眠末期に同様處理した夫々 10^{-6} 乃至 10^{-8} の平均を第 1 圖 B に示す。以上より、(1)剥皮處理は非剥皮に較べ發芽生長が非常によく、(2)剥皮 IAA 處理は更によい、(3)非剥皮塊茎の低濃度の IAA 處理は掘取り直後に於ては明かな作用を持つが休眠末期のものに對しては影響がない、(4)剥皮後緩衝液に浸した對照は 3 時間迄は浸漬時間と共に發芽率大となる、(5)剥皮 IAA 處理は濃度と處理時間の積(勿論或ファクターを掛ける)が或値に至る迄は發芽促進的に作用する、(6)剥皮及び IAA 處理により極性が弱まり(發芽節/全節に注意)、各節の芽數が 1 以上となる。

III. 休眠中の芽 2 乃至 3、及び約 10 mm に發芽した紅丸の頂芽及び最も離れた側芽を中心に直徑 17 mm 厚さ約 3 mm、生量 1.5 g の圓盤狀の組織片を作り、その 2 個づつを更に薄片としてエーテルにて遊離生長素を抽出し、水に移し寒天塊に擴散させて van Overbeek 法で定量した(第 2 圖)結果、(1)休眠中は頂芽にも遊離生長素少く、(2)分布に極性なく、(3)發芽と共に頂芽の生長素が急激に増加するが側芽には變化なく、この場合のような自然發芽には極性が明かに存在する。

IV. II と同様の材料、III の方法で芽の遊離生長素の時間的變化を見た(第 2 圖)所、(1)肉眼的に發芽が認められる以前に先づ生長素の減少(消費)が起り次いで急激な増加と共に發芽が認められる、(2)剥皮 10^{-6} IAA 60 分處理は他に較べ初めより生長素量多く、その増加にも常に當初の差を維持し、(3)生長素の増量と發芽促進が平行する、(4)剥皮緩衝液 60 分處理及び非剥皮 10^{-6} IAA 60 分處理の生長素變化は殆ど平行するが、(5)剥皮 10^{-6} IAA 60 分處理に較べ遅れ、發芽も亦遅れている、(6)剥皮緩衝液 60 分處理の側芽(中央部)では頂芽と同傾向で生長素が増し、發芽との平行關係のみならず極性の消失も生長素的に認められる、(7)非剥皮緩衝液 60 分處理の生長素増加は材料が休眠末期の爲である。

* 資源科學研究所第 1 研究部業績第 22 號。

V. 近年高等植物界に生長素として IAA が證明された^(17,18)故に、剥皮により増加する生長素が IAA か否かを決定する目的で大形の紅丸 15 個を剥皮し室温に放置し、5 日後に生じたコルク形成層をも含めての表層 170 g をエーテルで抽出し、5 cc の蒸溜水に移し Salkowski 反應^(19,20)を行い生じた色素をアミールアルコールに移しスペクトルの吸収曲線を見た所、500 m μ に見られる IAA 特有の山⁽²¹⁾を認め得ぬ故體内に形成される生長素は IAA でない事が明かである。

VI. 掘り取り翌日の紅丸を剥皮せず pH 3.5 に緩衝した 2.10^{-6} IAA に 60 分浸し風乾後濕した石英砂に埋め 25°C にて 18 日後に結果を見た所、(1)緩衝液處理の對照は發芽せぬが IAA 處理は發芽し、(2)IAA 處理のコルク層は對照よりやゝ肥厚した。

第1圖 掘取後の時期を異にし、種々濃度のインドール醋酸で處理した“紅丸”の發芽率。
A: 掘取4日後處理し28日經過後の結果 (○—○: 發芽個體數/全個體數), B: 掘取3ヶ月後處理し42日經過後の結果 (●—●: 發芽個體數/全個體數, ×—×: 發芽節數/全節數)

Fig. 1. A: Percentage of sprouted tubers (○—○), which were treated 4 days after harvest (July 15) and observed 28 days after. B: Percentage of sprouted tubers (●—●) and nodes (×—×), which were treated 2 months after harvest (Oct. 12) and observed 42 days after.

VII. NAA を用い前記の方法に従つて實驗した結果、(1) IAA と同様の發芽促進を認めるが、(2)その最適處理は 10^{-6} で剥皮の場合 10 乃至 30 分、非剥皮で 60 乃至 120 分である。(3)剥皮 10^{-4} 處理はコルク層の發達著しいが發芽は全く認められぬ。

考察 休眠の原因としての頂芽優勢説^(1,2)は頂芽が生長を開始した場合は適用され得るものであろうが、休眠中の芽に適用するのは次の理由より正しくない。(1)頂芽優勢に必要である遊離生長素が休眠中には非常に少い (III-1, 2, 第2圖), (2) Guthrie 等⁽³⁻⁸⁾の發芽抑制は非生理的高濃度の生長素を用いた時に見られるものであるが、かゝる高濃度の遊離生長素は生體内に認められぬ。では休眠は何によるのであろうか。遊離生長素は休眠中にも尙わずかながら存在し (第2, 3圖), 且ジャガイモの莖中には生長阻害作用を持つ生長素前驅物質が認められる⁽²²⁾點等を考慮すれば、上記生長素前驅物質の阻害作用が生長素の發芽作用に勝つてゐる場合休眠を続けるものと考えられる。

上の如く生長阻害的の生長素前驅物質を認めた場合に休眠の除去はどのようにして行われるか。發芽には遊離生長素は消費又は蛋白質との結合⁽²³⁾という形で先づ第一に減少(第3圖)するものであり、それに必要十分量の遊離生長素が芽に蓄積された場合これが蛋白質と結合して活性の所謂結合型生長素が形成され、その後は前驅物質が容易に遊離生長素へと變化され發芽の生理變化が起ると考えられる。つまり遊離生長素が必要十分量存在する事が第1要件であり、従つて必要量の生長素を與えるか生長素を形成するような處理かをすれば發芽が見られるのである。これは剥皮せず生理的濃度の生長素處理をしたものに見られる休眠除去(I-1)及び Guthrie が認めたジャガイモ塊莖片を生理的濃度の生長素で處理した時の發芽促進⁽¹⁾、其他の植物に於ける低濃度生長素處理による發芽促進、又剥皮-IAA 處理が剥皮-緩衝液處理よりも生長素増加及び發芽共に早く(第1, 2圖)、特に IAA 處理では極性が弱まり殆ど全ての側芽が同時に發達する(II-6)のみならず各節に於ける芽數が近似して來る事は、外部から與えたり又は内部に形成された生長素が各芽に等しく作用し、それに等しく反應した事を示すものであつて、發芽が内因によつてのみ支配されるならば當然極性が強くあらわれるはずである點等を考察するとき、生長素を第1要件とすと本説は益々支持されると思ふ。

第2圖 ジャガイモ塊莖(紅丸)の芽に於ける生長素量の變化。生長素量は芽組織生量 1g に含まれるものを IAA に換算した値で示す。

A: 休眠期 B: 發芽開始期 C: 生長期 T: 頂芽 Tb: 頂芽基部 L: 側芽

Fig. 2. Auxin in the potato-tubers (Benimaru). A: dormant stage, B: sprouting stage, C: growing stage, T: terminal bud, L: lateral bud, Tb: base of terminal bud.

剥皮せぬ塊莖に生理的濃度の IAA を與えると剥皮處理と同様な生長素變化が芽及びその基部に見られ(第3圖)、又剥皮-IAA 處理は非剥皮-IAA 處理及び剥皮-緩衝液處理より生長素増加及び發芽が早い事(第1, 3圖)は剥皮處理による發芽が生長素にのみ關係するものである事を示すものである。然しこの生長素は IAA でなく(V), IAA と同一作用をマカラスムギ及びジャガイモの芽に對して持つ上、IAA の共存により作用の促進も阻害も受けず(第1, 2圖)全く獨立したものである。剥皮によるコルク形成層形成はトラウマチン酸の形成を暗示するが⁽²⁴⁾、對象としたものはエーテル抽出物中に含まれマカラスムギに屈曲を與えるものである故、Linser が認めた所のジャガイモ塊莖中に IAA と獨立して作用する生長素⁽²⁵⁾と同一であり、剥皮によつて生ずるトラウマチン酸より二次的或は全く無關係に作られて發芽を促進するものと考えられる。尙第1圖 A, B に於ける差は Thornton が認めているコルク層の厚化⁽¹⁴⁾に基く IAA の侵入の困難、休眠末期に於ける發芽し易い状態を考慮すれば説明がつく。

ジャガイモの剥皮による休眠除去で尙問題となるのは、塊莖内に於ける酸素分壓の低下をその原因とする Thornton の説⁽¹⁴⁾であるが、これは彼のいうようなコルク層形成と發芽促進の平行關係が必ずしも見られず(VII-3)、又彼の認めた現象の多くは剥皮又は切斷處理により形成されるトラウマチン酸がコルク層を厚くすると共に内部組織では新に形成された生長素が生長促進への生理過程の一つとして呼吸を促進する⁽²³⁻²⁹⁾

結果、酸素は組織内で消費され、大氣よりの侵入はコルク層により阻げられて酸素分圧が低下するとすれば説明され、且生長素變化が他に先行する事の證明ともなる。

第3圖 ジャガイモ塊莖(紅丸)の芽に於ける生長素量の變化實驗(溫度 25°C)
生長素量は組織生量 1g 中に含まれるものを IAA に換算した値で示す。括弧内の
數値は實驗終了時に於ける發芽個體の百分率を示す。■—■ 剥皮- 10^{-6} I
AA (pH 3.5) 60 分處理の塊莖の頂芽。□—□ 非剥皮- 10^{-6} IAA (pH 3.5) 60
分處理の塊莖の頂芽。●—● 剥皮-緩衝液 (pH 3.5) のみ 60 分處理の塊莖の
頂芽。▲—▲ 剥皮-緩衝液 (pH 3.5) のみ 60 分處理の塊莖の側芽。○—○
非剥皮-緩衝液 (pH 3.5) のみ 60 分處理の塊莖の頂芽。

Fig. 3. Auxin in the bud of potato-tubers (Benimaru). Test temp.:
25°C. IAA-values show the amount of auxin, which produced per gr.
of the bud. The attached values in parenthesis are the percentage of
sprouted tubers at the end of this test. ■—■ : peeled, 60 min. in
 10^{-6} IAA (pH 3.5), terminal buds. □—□ : intact, 60 min. in 10^{-6} IAA
(pH 3.5), terminal buds. ●—● : peeled, 60 min. in buffer-solution
(pH 3.5), terminal buds. ▲—▲ : peeled, 60 min. in buffer-solution
(pH 3.5), lateral buds. ○—○ : intact, 60 min. in buffer-solution
(pH 3.5), terminal buds.

本研究は設備不完全な資源科學研究所五泉分室(新潟縣)で着手したものであるが、柴田桂太所長、林孝三
博士の御懇切な指導によつて報告し得る運びとなつた事をここに深謝すると共に、文部省自然科學研究費に
よつて行つたものである事を附記する。

資源科學研究所

Summary

1. Freshly-harvested potatoes (Benimaru or Danshyaku) will sprout if soaked in buffer solution (pH 3.5) of IAA or NAA of the physiological concentration, whereas oldly-harvested will not take place sprouting.

2. Peeling of the potatoes promotes the sprouting of both freshly-and oldly-harvested tubers, and if the peeled potatoes were treated with auxin, the sprouting is much hastened.

3. In the case of 1 and 2, it weakened the polarity of sprouting and it sprouts more than one bud in each node.

4. Both in the terminal and the lateral bud of the dormant potato-tubers not so much free auxin was observed as in the naturally sprouted tubers, and in the latter case greater amount of auxin was observed in the terminal bud than the lateral bud.

5. Auxin was increased both in the terminal and the lateral buds of the peeled or auxin-treated tubers, and this increasement is as large as the sum of the auxin obtained from the peeled and auxin-treated ones, if it is treated with auxin after the peeling.

6. The auxin of the peeled potato-tubers is neither indoleacetic acid nor traumatic acid, but it has the same effect as indoleacetic acid upon the curvature of *Avena* coleoptile and sprouting of potato-tubers.

7. The dormancy of the potato-tubers will be induced by the inhibiting effect of the auxin precursor of the potatoes, the sprouting of dormant and non-dormant potatoes will be regulated by the auxin and its precursor, and the sprouting effect of the peeling is only taken place through the production of auxin.

文 献

- (1) Guthrie, J. D. (1939): Contrib. Boyce Thompson Inst. 11 : 29—53. (2) Michener, H. D. (1942): Amer. J. Bot. 29 : 558—568. (3) Guthrie, J. D. (1939): Contrib. Boyce Thompson Inst. 10 : 325—328. (4) Denny, F. E. (1942): Contrib. Boyce Thompson Inst. 12 : 387—402. (5) Denny, F. E., Guthrie, J. D. & Thornton, N. C. (1942): Contrib. Boyce Thompson Inst. 12 : 253—268. (6) Denny, F. E. & Thornton, N. C. (1942): Contrib. Boyce Thompson Inst. 12 : 361—373. (7) 川又是好 (1941): 農及園 16 : 989—992. (8) 杉山儀・渡邊諭 (1943): 農及園 19 : 979. (9) Ruge, U. (1939): Zeitschr. f. Bot. 33 : 529—571. (10) Went, F. W. (1939): Amer. J. Bot. 29 : 109—117. (11) Stewart, W. S. (1939): Bot. Gaz. 101 : 91—108. (12) Snow, R. (1940): New Phytol. 39 : 177—184. (13) Snow, R. (1939): New Phytol. 38 : 201—223. (14) Thornton, N. C. (1939): Contrib. Boyce Thompson Inst. 10 : 339—361. (15) 八巻敏雄 (1948): 資源研彙 11 : 39—42. (16) 柴田昌英・菅野正 (1947): 農及園 22 : 363—364. (17) Berger, J. & Avery, G. S. (1944): Amer. J. Bot. 31 : 199—203. (18) Haagen-Smit, A. J., Dandliker, W. B., Wittwer, S. H. & Murneek, A. E. (1946): Amer. J. Bot. 33 : 118—120. (19) Abderharden, E. (1911): Biochem. Handlexikon 4 : 914. (20) Link, G. K. K., Wilcox, H. W. & Link, A. D. (1937): Bot. Gaz. 98 : 816—867. (21) 八巻敏雄(未發表). (22) 八巻敏雄 (1941): 植難 55 : 463—476. (23) van Overbeek, J. (1944). Ann. Rev. Biochem. 13 : 631—666. (24) English, J., Bonner, J. & Haagen-Smit, A. J. (1939): J. Amer. Chem. Soc. 61 : 3434—3436. (25) Linser, H. (1940): Planta 31 : 32—59. (26) Pratt, R. (1938): Amer. J. Bot. 25 : 389—392. (27) Commoner, B. & Thimann, K. v. (1941): J. Gen. Physiol. 24 : 279—296. (28) 八巻敏雄(植物學會昭和21年10月月次會發表). (29) Berger, J., Smith, P. & Avery, G. S. Jr. (1946): Amer. J. Bot. 33 : 601—604.