吸水処理によるワケギの休眠打破

長谷川繁樹^{1*}・船越建明¹・桂 直樹^{2**}・吉岡 宏^{2***}

¹広島県立農業試験場 739-01 東広島市八本松町原

²農林水産省野菜・茶業試験場 514-23 三重県安芸郡安濃町草生

Breaking Dormancy in *Allium wakegi* Araki by Infiltration of Water into Bulblets

Shigeki Hasegawa^{1*}, Takeaki Funakoshi, Naoki Katsura^{2**} and Hiroshi Yoshioka^{2***}

¹ Hiroshima Prefectural Agricultural Experiment Station, Higashihiroshima, Hiroshima 739-01

² National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea Ano, Mie 514-23

Summary

Dormancy of *Allium wakegi* Araki is induced in late April or early May under the natural conditions of Japan. The dormancy of bulblets was dramatically broken by forced water infiltration and by removal of foliage scales.

1. Water infiltration under pressures of 25 kPa and 200 kPa for one hour increased fresh weights of bulblets. This treatment shortened the number of days to sprouting 26 and 30 days, respectively, compared to the control bulblets which were dipped in water under normal atmospheric pressure of 100 kPa. A significant negative correlation was found between the amount of water absorbed by the foliage scales and storage leaves and the number of days to sprouting after treatment.

2. Water infiltration by bulblets was accompanied by increased respiratory activities within 3 days of treatment.

3. Breaking of dormancy by leaf removal depended on the number of scales removed.

We conclude that dormancy of bulblets of *Allium wakegi* Araki is regulated by the foliage scales surrounding the apex. We postulate that water infiltration makes the amount of abscisic acid decreased in the foliage scale cells and results in the breaking of dormancy. Scale removal may have sharply decreased abscisic acid content in the same manner as water infiltration.

緒 言

著者ら(5, 6)は、広島県で栽培されているワケギ (*Allium wakegi* Araki) の休眠期間は4月下旬から7月上旬にかけての倒伏後約2か月間であること、高温処理が休眠打破に効果があり、りん茎を5月上旬から20日間高温処理した後に植え付けて栽培できることを明らかにした。しかし、この方法でも高温処理期間にあたる5月に露地養成のりん茎を植え付けて栽培することは不可能で、新たな休眠打破方法の開発を求められていた。

ところでアイリス、グラジオラスのりん茎や塊茎の休眠打破にベンジルアミノプリン(BA)が有効であることが報告されている(17)。ワケギでもBAなど数種の生育調節剤が休眠打破に効果があったが、この効果は再現性が不安定であった(長谷川, 未発表)。このため、もっとも効果の高かったBAのりん茎内への浸透を促すため、減圧下で浸漬処理したところ、BA処理だけでなく対照区の水処理でも休眠が打破され、その効果はBAとほぼ同等であることが明らかになった(7)。

そこで本報ではりん茎の吸水とほう芽の関係、りん茎の吸水部位、吸水程度および呼吸活性とほう芽の関係について検討し、吸水処理とワケギの休眠打破の関係について考察した。

1990年8月28日 受理。

* 現在：広島県立農業試験場高冷地支場。

** 現在：農林水産省農業生物資源研究所。

***現在：農林水産省農林水産技術会議事務局。

材料および方法

実験は1987年5月19日から6月6日のワケギリん茎の休眠期間中に行った。供試品種は5月6日に掘り上げた広島在来のも「木原晩生1号」で、いずれの実験にも 7.0 ± 0.5 gのりん茎を供試した。

なお、ワケギリん茎の構成葉はタマネギと同一であるので、りん茎各部位の名称は青葉(1)に従った。

1. 圧力と吸水およびほう芽の関係

100(大気圧)、25(減圧)および200 kPa(加圧)の3種の気圧処理(圧力処理と呼ぶ)と、水無処理および水処理(吸水処理と呼ぶ)を組み合わせた6処理で行った。処理時間は1時間とした。処理したりん茎はいずれも処理直前に保護葉を除去し、処理の前後に個々のりん茎ごとに重量を測定し、処理前の重量に対する処理後の重量増減量の割合を吸水率として求めた。計量後のりん茎は直ちに川砂に植え付けてガラス室内に置き、ほう芽までの日数を個体ごとに調査した。ほう芽日の決定にあたっては、タマネギについて青葉(1)のいう普通葉に相当する葉の葉身がりん茎外に出葉した時点をほう芽とした。各処理には10個体を供試した。

また、25 kPaの圧力で1, 3, 5, 10, 15, 30, 45および60分間の吸水処理を行い、各りん茎の吸水率とほう芽までの日数を調査した。各処理には8個のりん茎を供試した。

2. りん茎の吸水部位と吸水程度

保護葉のついたりん茎を0.02%エオシン Y 水溶液に浸漬して、25 kPaで1, 3, 5, 10, 15, 30, 45および60分間処理した。処理後直ちに縦および横方向に切断して、吸水部位と吸水程度を調査した。各処理には10個のりん茎を供試した。

また別に水のみで同様の処理を行い、ほう芽までの日数を調べた。なお、対照区は100 kPaで24時間処理した。各処理には5個のりん茎を供試した。

3. 肥厚葉と休眠の関係

りん茎を構成する肥厚葉と休眠の関係を明らかにするために、肥厚葉を外側から1, 2および3枚剥離したりん茎をペノミル剤で表面を粉衣消毒し、湿ったパーミキュライトに植え付けてほう芽までの日数を調査した。各処理には20個のりん茎を供試した。

4. 減圧吸水処理とりん茎の呼吸の関係

減圧吸水処理に伴うりん茎の肥厚葉、貯蔵葉および盤茎の呼吸量の変化を、トリフェニルテトラゾリウムクロライド(TTC)法で調査した。

処理は25 kPaで1, 3, 5, 10, 15, 30, 45および60

分間行った。対照区は100 kPaで60分間の吸水処理を行った。TTCの組織化学反応は塚本(14)に準じ、りん茎中央部の縦断面を東洋濾紙No.2に密着させて並べ、0.02%TTC溶液を切断面が十分に浸る程度入れ、37℃暗黒状態で3時間インキュベートした。反応は着色の最も強いものを4、着色しないものを0とし、りん茎の部位ごとに指数で表示した。調査は処理の前後とりん茎を川砂に植えて20~25℃の暗黒下に置いた後の1, 3, 5, 7および10日目に行った。1回の調査には各区とも5個のりん茎を供試した。

また別に100および25 kPaで1時間の吸水処理後、木内(9)の方法で呼吸活性を定量した。りん茎の肥厚葉、貯蔵葉および盤茎をほう芽葉の伸長方向と直角に2 mm幅に裁断し、生鮮重で2 gの各部位を試験管に入れ、0.02%TTC溶液と1/10 M リン酸緩衝液の等量混合液10 mlを加えて37℃暗黒状態で3時間保ち、その後2規定の硫酸2 mlを加えて反応を停止させた。そして細片を取り出して水分を拭い取り、少量の石英砂とともに乳鉢で磨砕した後、50 mlの分液ロートに入れて10 mlの酢酸エチルを加えて4回分液して集めた酢酸エチル層を50 mlに定量した。吸光度485 nmを測定しフォルマザン生成量を求めTTC還元量とし、呼吸活性の指標にした。調査は処理前後と処理後1, 3, 5および9日目に行った。1回の調査には5個のりん茎を供試した。

結 果

1. 圧力と吸水およびほう芽の関係

異なる圧力条件での吸水率を第1図に示した。吸水処理区は減圧、加圧のいずれでも大気圧より吸水率が高くなった。水無処理区では、圧力による吸水率の差はなかった。

異なる圧力条件で吸水させたりん茎のほう芽までの日数を第2図に示した。100, 25および200 kPaの圧力処理区の吸水処理をしなかった区では39~42日後の6月28日~7月1日にほう芽した。この時期は平年の休眠覚醒期と同時期であった。100 kPaの吸水処理区では42日でほう芽し、圧力処理区の吸水処理をしなかった区との差はなかった。しかし、25 kPaでの吸水処理区では15日、200 kPaでは12日でほう芽し、減圧、加圧のいずれでも吸水処理区でほう芽が早かった。

25 kPaで1分から60分まで8段階の吸水時間で処理したりん茎の吸水率とほう芽の相関関係を第3図に示した。吸水率の最小値は1.5%、最大値は16.8%で、3~8%の間に全個体の59%にあたる38個体が分布していた。吸水率(x)とほう芽までの日数(y)の間には $\log y =$

Fig. 1. The amount of water infiltrated by bulblets as a percentage and function of different pressures. N shows a negative value by evaporation of water from bulblet during treatment without water.

Fig. 2. The reduction in the number of days to sprouting as a function of water infiltration under different pressures. Days to sprouting were not reduced inspite of water infiltrations at 100 kPa and under 25 and 100 kPa without water but were reduced by water infiltrations under 25 kPa and 200 kPa.

Fig. 3. Correlation between the percent increase in fresh weight gained by water infiltration under 25 kPa and the days to sprouting of bulblets. Percentage of absorbed water by bulblet was calculated by the increase in fresh weight after vacuum infiltration.

1. $1.331 - 0.034x$ ($r = -0.682^{**}$)の関係があり、吸水率が大きいとほう芽が早くなることが明らかになった。

2. りん茎の吸水部位と吸水程度

りん茎の各部位におけるエオシン Y 水溶液の吸収部位とその程度を第 1 表に示した。対照区の 100 kPa・24 時間水浸漬処理では第 4 図のように保護葉のみ呈色し、

これより内側の部位には吸水が認められなかった。しかし、25 kPa では 1 分間処理でも 5 個体中 4 個体で肥厚葉に吸水が認められ、処理時間が長くなっても吸水程度に大きな差はなかった。最外部および中部の貯蔵葉への吸水は 25 kPa 区での 5 分間以上の処理で認められたが、処理時間と吸水程度の関係は肥厚葉と同様に

Table 1. Relative amounts of water absorbed by various parts of bulbets after different durations of water infiltration under 25 kPa.

Treatment		Number of bulbets																
		Foliage scale						Storage leaf						Stem				
		External			Inner			External			Intermediate				Inner			
Pressure (kPa)	Time (min)	-	±	+	-	±	-	±	+	-	±	+	-	±	+	-	±	+
100	24 × 60 (Control)	5			5			5			5			5			5	
25	1	1		4	1	1	3	5			5			5			5	
25	3	1	1	3	1	2	2	5			5			5			5	
25	5	2		3	1	1	3	3		1	3	2		5			5	
25	10	2		3		2	3	3		1	1	5		5			5	
25	15		3	1	1	4	3	1	1	1	5			5			5	
25	30	1	3	1	1	2	2	4	1		5			5			5	
25	45	1	1	3	1	4	4	2	3	1	3	1	1	5			5	
25	60		2	3		1	4	3	2	4	1	1		5			5	

Five bulbets were used in each treatment. -, ± and + indicate relative gain in water absorbed by each part of bulbet; -, no increase ±; slight-moderate, +; maximum increase by water.

Fig. 4. Absorption of eosin Y by bulbets during water infiltration under 25 kPa for one hr. Eosin Y aqueous solution was absorbed mainly by foliage scales.

明瞭ではなかった。最内部の貯蔵葉、盤基内部への吸水は観察されなかった。

別の個体を供試して水のみで同一の処理を行ったときのほう芽までの日数を第5図に示した。100 kPaでの24時間吸水処理区(対照区)では36日でほう芽したが、25 kPa下では9~23日早くほう芽した。処理間ではりん茎の個体間差が大きくて明瞭な処理間差がなかったが、吸水時間が長いほどほう芽までの日数が短くなる傾向があった。

3. 肥厚葉と休眠の関係

肥厚葉剝離処理がほう芽に及ぼす影響を第6図に示した。処理間には1%水準で有意差が認められ、肥厚葉の剝離程度が強まるとそう芽までの日数が短くなり、特に3枚剝離処理でのほう芽までの日数は、休眠が完全に醒めている秋のそれと同値であった。

4. 減圧吸水処理とりん茎の呼吸の関係

減圧吸水処理後3日目の呼吸活性を組織化学反応により調査した結果を第2表に、肥厚葉、貯蔵葉および盤基の反応経過を第7図に示した。盤基部では処理区間に大きな差はなく、いずれも処理前からかなり高い呼吸活性を示し、これらの部位では休眠中も呼吸活性が高いことが明らかになった。肥厚葉についてみると、無処理区および100 kPaでの60分間吸水処理区では、調査期間中に呼吸活性の大きな変化は認められなかった。しかし、25 kPaの肥厚葉の呼吸活性は吸水処理時間にかかわらず3日目まで急激に高まり、その後も引き続き高い活性を維持した。

吸水処理後の呼吸活性の変化をフォルマザン生成量の変化で調査した結果を第8図に示した。貯蔵葉およ

Fig. 5. Days to sprouting of bulblet after water infiltration under 25 kPa as a function of the duration of treatment. Control was dipped in water at normal atmospheric pressure (100 kPa) for 24 hr.

Table 2. 2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride color reactions in various organs of bulblets after water infiltration under 25 kPa for different time.

Treatment		TTC color reaction index ^z			
Pressure (kPa)	Time (min.)	Foliage scale	Storage leaf	Apices	Stem
Uninfiltration		1.0	1.0	3.0	3.0
100	60	1.3	1.0	2.5	2.5
25	1	3.3	1.0	3.3	3.3
25	3	2.5	1.0	3.5	3.8
25	5	2.8	1.5	3.3	3.3
25	10	3.8	1.5	3.0	3.0
25	15	3.5	1.5	3.5	3.3
25	30	3.8	1.5	3.3	3.5
25	45	4.0	1.8	3.8	3.8
25	60	4.0	1.5	4.0	4.0

^z 0; no reaction, 1; slight coloring, 2; coloring restricted to vascular bundles, 3; moderate coloring on entire cut surface and 4; intense and uniform coloring.

Fig. 6. The influence of removal foliage scale on the days to sprouting of bulblets.

び盤基部では処理後1日目にやや大きな差があるものの、全体の傾向として処理区間に大きな差はなかった。しかし、25 kPa 区の肥厚葉では吸水処理後3日目にフォルマザン生成量が著しく増加して、呼吸活性が高まったことを示した。この結果は前述の組織化学反応の結果と一致した。

考 察

植物の休眠と圧力の関係について、De Vries(3)は *Oenothera* の休眠種子が減圧吸水で、また Davies(2), Erbecke(4)は加圧処理で休眠が打破されることを報告している。本研究はワケギのりん茎に吸収された水と休眠打破の関係を知らうとしたものである。

減圧および加圧吸水処理ではいずれも大気圧下の吸水処理に比べて吸水率が大きく、同時にほう芽までの

日数が短くなった。さらに各りん茎の吸水率とほう芽までの日数の間には、有意な負の相関があった。これらの結果は圧力のいかにかわらず、休眠中のワケギのりん茎内に水が入ると休眠が打破されることを示している。野生エンバクの休眠種子が吸水するとワケギと同様に休眠が破れ、水が休眠打破と密接に関係していることが既に報告されている(11)。

他方、減圧下でのエオシン Y 水溶液の浸透部位は主として肥厚葉であること、吸水時間が長いほどほう芽までの日数も短くなることが明らかとなった。また、肥厚葉を除去すると水を浸透させるより休眠打破効果が大きく、肥厚葉のすべてを除去した処理区でのほう芽までの日数が、休眠が完全に醒めている秋に植え付けた時と同程度であった。この結果はクロフサスグリの休眠芽のりん片除去(13)の結果と一致していた。また、加藤(8)はタマネギの休眠期間が本研究と同様に外部肥厚葉除去によって容易に短縮され、この原因は肥厚葉の除去によるりん茎内への酸素の供給と炭水化物濃度の減少によるものであるとしている。これらの結果から、ワケギりん茎の休眠に肥厚葉が重要な役割を果たしており、浸透した水が肥厚葉に働きかけることによって休眠が打破されると考えることができる。このことは、ワケギのりん茎を減圧吸水処理すると肥厚葉の呼吸量が吸水後3日目に顕著に増大し、その後も高い水準で維持されることにより支持された。なお、タマネギりん茎の呼吸量とほう芽の関係について、Ogata(12)は休眠期間中の呼吸量は盤基、内部の芽で高く肥厚葉で低いこと、ほう芽期に向かうにしたがってりん茎の呼吸量が増加することを報告している。したがって、ワケギりん茎を減圧下で吸水させたときに見られた肥厚葉での呼吸量の増大は、吸水処理のみに見られる特異な生理的变化ではなく、自然状態における生理的变化と同一の結果であると考えられる。

また、著者らは本研究と同一の実験系で、減圧吸水処理により1日以内にABAが劇的に減少することを見出ししている(10)。したがってワケギの休眠にはタマネギ(15)、グラジオラス(4)、フリージア(16)と同様にABAが関与していると考えられる。

以上の結果を総合的に考察すると、吸水処理によりワケギの肥厚葉に浸透した水は、肥厚葉で生理的な変化をもたらして呼吸活性の増大とABAの減少を誘起し、りん茎の休眠を打破したものと推察される。

今後はワケギりん茎内部の水環境と休眠についてさらに詳細に検討するとともに、本実験系によるワケギ

Fig. 7. Changes of 2,3,5-triphenyltetrazolium chloride color reaction in various organs of bulblets after water infiltration. ○; non-treatment, ●; infiltration under 100 kPa for 60 min, ▲; infiltration under 25 kPa for one min, □; infiltration under 25 kPa for 30 min, and ■; infiltration under 25 kPa for 60 min.

以外の植物の休眠打破を検討することによって、水の休眠に対する生理的意義を明らかにすることができると考えられる。

摘 要

ワケギりん茎の休眠打破に及ぼす水の影響を明らかにするために、加圧および減圧下での吸水処理を行って吸水とほう芽の関係、吸水部位とその程度、肥厚葉と休眠の関係および吸水処理と呼吸量の関係について検討した。

Fig. 8. Changes of formazan productivity in various organs of bulbets after water infiltration under 100 kPa and 25 kPa for one hr. N; before infiltration, 0; just after infiltration, —; 100 kPa, and ----; 25 kPa.

25 および 200 kPa の圧力下における吸水処理でのりん茎の吸水率は、100 kPa 吸水処理に比べて高くなった。ほう芽までの日数は 100 kPa 吸水処理に比べ 25 kPa 吸水処理で 26 日、200 kPa 吸水処理で 30 日早くなった。また、りん茎の吸水率とほう芽までの日数の間には 1% 水準で有意な負の相関関係が認められた。

25 kPa 吸水処理によるりん茎の主な吸水部位は肥厚葉であった。貯蔵葉でも外側の部分でわずかに吸水が認められたが、休眠打破との関係はなく、また、盤茎への吸水は認められなかった。

りん茎の肥厚葉を剥離するとほう芽が早くなった。その効果は剥離程度が強いほど高く、すべての肥厚葉を剥離すると直ちにほう芽した。

肥厚葉の呼吸活性は 25 kPa 吸水処理区では処理後 3 日目までに急激に高まり、その後も高く維持された。一方、無処理区および 100 kPa 吸水処理区でも呼吸活性がやや高くなったが、その水準は 25 kPa よりかなり低かった。また、盤茎の呼吸活性は、休眠中も高く維持されていた。

以上のことから、ワケギりん茎を吸水処理すると主として肥厚葉に水が入ることによって肥厚葉で生理的变化が引き起こされ、休眠が打破されたものと結論された。

引用文献

1. 青葉 高. 1964. タマネギの球形成および休眠に関する研究. 山形大紀要(農学) 4(3): 265-363.
2. Davies, P.A. 1926. Effect of high pressure on

germination (*Medicago sativa* and *Medicago alba*). J. Gen. Physiol. 9: 805.

3. De Vries, H. 1915. Über künstliche Beschleunigung der Wasseraufnahme in Samen durch Druck. Biol. Zbl. 35: 161-171.
4. Erbecke, U. 1944. Lebensvorgänge unter Einwirkung hoher Drucke. Engebn. Physiol. 45: 34-183.
5. 長谷川繁樹・吉田隆徳・沖森 當. 1979. ワケギの栽培学的研究. 第 1 報. 生育特性と鱗茎の形成肥大について. 広島農試報告. 41: 35-50.
6. 長谷川繁樹・吉田隆徳・沖森 當. 1981. ワケギの栽培学的研究. 第 2 報. 休眠覚醒におよぼす高温処理の影響について. 広島農試報告. 44: 53-62.
7. 長谷川繁樹・谷口義彦. 1986. ワケギの発育に関する研究. 第 4 報. 減圧法による BA 処理が休眠覚醒に及ぼす影響. 園学要旨. 昭 61 秋: 286-287.
8. 加藤 徹. 1966. タマネギの球の形成肥大および休眠に関する生理学的研究. 第 7 報. 休眠過程に及ぼす環境要因および化学薬品の影響. 園学雑. 35: 49-56.
9. 木内知美. 1975. 根の化学的活性測定法. p. 528-533. 作物分析法委員会編. 栽培植物分析測定法. 養賢堂. 東京.
10. Kuraishi, S., D.Yamashita, N.Sakurai and S. Hasegawa. 1989. Changes of abscisic acid and auxin as related to dormancy breaking of *Allium wakegi* bulbets by vacuum infiltration and BA treatment. J. Plant Growth Regul. 8: 3-9.
11. McIntyre, G.I. 1987. The role of water in the regulation of plant development. Can. J. Bot. 65: 1287-1298.
12. Ogata, K. 1961. Physiological studies on the storage of onion bulb. Bull. Univ. Osaka Pref.

- Ser. B 11 : 99-119.
13. Tinklin, I.G. and W.W. Schwabe. 1970. Lateral bud dormancy in blackcurrant *Ribes nigrum* (L.). Ann. Bot. 34 : 691-706.
 14. 塚本洋太郎, 1954, グラジオラス球茎の休眠, 第1報, 温度処理とテトラゾリウム反応, 園学雑, 23 : 16-20.
 15. Tsukamoto, Y., M. Fujita, T. Inaba and T. Asahira. 1969. Change of growth promoting substances and abscisic acid during the dormancy in onion. Memo. Research Insti. Food Sci. Kyoto Univ. 30 : 34-37.
 16. Uyemura, S. and H. Imanishi. 1987. Changes in abscisic acid levels during dormancy release in freesia corms. Plant Growth Regul. 5 : 97-103.
 17. 矢澤 進, 1974, 生長と休眠のケミカルコントロール, 園学シンポジウム要旨, 昭49秋 : 71-80.