

<論文>

トチノキの結実と果実の発達, 成熟

橋 詰 隼 人*

Fruit Bearing and the Development and Maturation of
Fruits in *Aesculus turbinata* BLUME

Hayato HASHIZUME*

Summary

Fruit bearing and the development and maturation of fruits in *Aesculus turbinata* BLUME were investigated in old stands growing in the Hiruzen experimental forest of the Tottori University.

Immature fruits fell mostly in June, and mature fruits in mid September. The total fall of fruits per m² for one year was 140~180 in good harvest years and 6~50 in bad harvest years. The percentage of mature nuts to total fall was 0.5~19%, and that of sound nuts, 0.3~16.7%.

Fruits and nuts grew rapidly in August and reached their maximum size in mid September. The dry weight of nuts increased rapidly from mid August to mid September, while the moisture content of nuts decreased rapidly in this season.

The contents of sugars in nuts increased in the growth period of nuts and decreased during nut maturation. On the other hand, the contents of crude starch and crude fat increased rapidly in the period of nut maturation. The contents of total nitrogen, phosphorus, potassium, and calcium tended to decrease during nut maturation. Gibberellin-like substances increased markedly in the growth period of nuts (in August). The mature nuts contained 40~50 % crude starch, based on dry weight.

I 結 言

トチノキは落葉大高木で、樹高30m、直径2mに達し、主に谷筋の肥沃な土壌、水分の多い所に生育している。材は淡黄褐色、散孔材で、比較的均質、緻密である。器具材・家具材・楽器材・合板原木など用途が広く、とくに工芸用として賞用されている。また果実は食用となりトチ餅や和菓子などの製造に用いられ、観光地の土産品になっている。近年家具・工芸用の広葉樹大径材やシイタケ原木などが不足し、広葉樹資源の確保が重要な課題になっており、鳥取大学蒜山演習林においてはブナ・クヌギ・ケヤキ・トチノキなどの人工造林の試験を行っている。トチノキの造林は、種子を採集して

* 鳥取大学農学部造林学研究室 : *Laboratory of Silviculture, Faculty of Agriculture, Tottori University*

実生苗を養成し、それを植栽しているが、苗木養成上種子の確保が重要であり、その基礎研究として結実について研究したので報告する。

II 材 料 と 方 法

1. 結実調査

鳥取大学蒜山演習林鍛冶屋谷(23, 25林班), 標高700~750mに自生するトチノキ母樹2本について1983年から3年間結実状況を調査した(表1)。

表1 供試母樹

| 母樹 | 胸高直径 (cm) | 樹高 (m) | 樹冠直径 (m) | 樹冠面積 (m ²) |
|----|--------------|-----------|-------------|---------------------------|
| 1号 | 96 | 25 | 13 | 133 |
| 2号 | 233 | 25 | 24 | 452 |

1号母樹は胸高直径96cm, 2号母樹は胸高直径233cmで、後者は鳥大蒜山演習林の天然林の中で最大の木である。両母樹とも孤立木であるが、1号母樹の周りには他のトチノキは自生せず、2号母樹の周りには約100m離れてトチノキ林がある。結実調査の方法は、1×1mの正方形シード・トラップ(ダイオネット製)を母樹の樹冠下に、1母樹につき5か所設置し、15~30日おきに落下物を回収した。回収した試料は研究室を持ち帰って果実数を数え、更に果実を割って内容を調べた。果実

は、未熟果実と成熟果実に分け、更に発育不全果、虫害果及び健全果に分類した。未熟果実の果実の中に堅果が形成されていないか、あるいは形成されているが未熟なもの、成熟果実は十分に発達した堅果が形成されているもの、発育不全果は堅果が未熟で十分に発達していないもの、虫害果は害虫の食害孔の認められるもの、健全果は堅果が十分に発達し、虫害の認められないものとした。

2. 果実の発育調査

シード・トラップ内に落下した果実、堅果について、大きさ(高さ、直径、幅)、乾重量及び含水率を測定した。乾重量及び含水率は100°Cで24時間乾燥して求めた。

3. 化学分析

化学分析の材料は直接母樹から採集した。炭水化物及び無機成分の分析には乾燥粉末試料を用いたが、ジベリンの分析は生の材料を用いてその都度行った。

炭水化物：試料0.5gを80%エタノールで1時間、熱時抽出した。抽出液をろ別し、減圧下でエタノールを除き、水酸化亜鉛法で除蛋白し、100mlに定容し、その中から一定量をとって還元糖及び全糖の定量に用いた。残渣は0.7N塩酸で2.5時間加水分解し、水溶液をろ別して除蛋白後250mlに定容し、その中から一定量をとって粗デンプンの定量に用いた。糖の定量はソモギ・ネルソン法により行い、分光光度計で500m μ の吸光度を測定して求めた。糖はグルコースとみなして計算した。

粗脂肪：試料10gを円筒ろ紙にとり、ソックスレー抽出器を用いてエチルエーテルで8時間抽出して求めた。

灰分：試料2gを500°Cで灰化して測定した。

全窒素：試料1gを濃硫酸で分解し、半微量ケルダール法により定量した。

リン：試料 2 g を 500°C で灰化した後, 100ml に定容し, その中から一定量をとってバナドモリブデン酸法で発色させ, 分光光度計で 445m μ の透過率を測定して求めた。

カリウム：試料 0.5 g を 0.2N 塩酸 100ml で 1 時間振とう抽出し, ろ液を炎光光度計で測定して求めた。

カルシウム：試料 2 g を乾式灰化した後 100ml に定容し, その中から一定量をとって EDTA 滴定法によって定量した。

ジベレリン：堅果 50 g をすりつぶし, 80% メタノールを加え 2°C で 24 時間抽出した。抽出液をろ別し, 減圧下でメタノールを除き, ろ液を 2 N 塩酸で pH 3 に調節し, 酢酸エチルで振出して酢酸エチル相と水相に分けた。酢酸エチル相は飽和炭酸水素ナトリウムで振出して, 水相を分別した。水相は 2 N 塩酸で pH 3 に調節し, 酢酸エチルで振出して酢酸エチル相を分別し, これを減圧下で乾固して酢酸エチル可溶性酸性分画をえた。ジベレリンの分離はペーパー・クロマトグラフィーによって行った。酸性分画を東洋ろ紙 No50 (20×40cm) の一端につけ, 一次元上昇法により 25°C で約 25cm 展開した。展開溶媒としてイソプロパノール：アンモニア：水 (8 : 1 : 1) 混液を用いた。生物試験はイネ検定法 (タンギンボウズ) によって行った。展開ろ紙を縦に 10 等分して小型管びんに入れ, 蒸留水を 2 ml 注ぎ, これにイネの芽生えを植えうけ, 30°C で 7 日間生長させて第 2 葉鞘の伸長量を測定した。

III 結果と考察

1. 果実の落下, 結実率, 結実周期及び果実生産量

果実の月別落下数を表 2 に示した。トチノキの花は 5 月下旬に開花するが, 開花後間もなく未熟な果実が落下しはじめる。果実の落下数は 6 月が最も多く, 次いで 7 月が多く, 8 月は最も少なく, 9 月にやや増加した。成熟果実は 8 月下旬から落下をはじめ, 9 月中旬に最も多く落下した。したがって 8 月中旬までの落果は未熟果実の落下である。樹冠下における 1 m² 当たりの落果数は, 豊作年で 140~180 個, 凶作年で 6~50 個であった。成熟果実は 1 号木では 1 m² 当たり 0.6~5.2 個, 2 号木では 0.2~27.0 個落下した。全落下数に対する成熟果実の割合は, 1 号木で 0.5~3.3%, 2 号木で 3.4~18.7% であった。

次に落下果実の内容についてみると (表 3), 未熟な発育不全果が大部分を占め, 1 号木では 96% 以上が, 2 号木では 78% 以上が発育不全果であった。虫害果は比較的少なく 0.2~6.9% であった。健全果実の割合は 1 号木で 0.3~2.5%, 2 号木で 3.4~16.7% であった。

全落下果実数に対する成熟果実数の割合を結実率とすると, 蒜山演習林のトチノキの結実率は 0.5~19%, せいぜい 20% 以下である。結実率は個体によって差があり, 1 号木は 2 号木よりも結実が悪かった。また年によって差があり, 豊作年には高く, 凶作年には低いようであった。

トチノキでは未熟果実の落下が非常に多かったが, 8 月以前に落下した未熟果実では大部分が果柄の基部に離層が形成されて落下している。しかし, 中には果梗ごと落下したものもあった。未熟果実の落下の原因ははっきりしないが, いわゆる生理的落果が多いようである。林木は一般に他家受粉で結実し, 自家受粉では結実しないことが多い。蒜山演習林のトチノキは孤立木が多く, とくに 1 号木は付近にトチノキがなく全く孤立している。落果の原因が自家受粉によるのかも知れない。しかし,

表2 月別落下果実数と成熟果実の割合

| 母樹 | 調査年 | 種 別 | 月 別 落 下 数 (個/㎡) | | | | | | 成 熟 果実の 割合(%) |
|----|------|-------|-----------------|------|-----|------|-----|-------|---------------------|
| | | | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 合計 | |
| 1号 | 1983 | 総 数 | 113.6 | 34.6 | 4.4 | 7.2 | 0 | 159.8 | 3.3 |
| | | 成熟果実数 | | | 0.4 | 4.8 | 0 | 5.2 | |
| | 1984 | 総 数 | 10.4 | 33.4 | 2.2 | 1.0 | 0 | 47.0 | 1.3 |
| | | 成熟果実数 | | | | 0.6 | 0 | 0.6 | |
| | 1985 | 総 数 | 105.6 | 72.4 | 2.4 | 1.6 | 0.2 | 182.2 | 0.5 |
| | | 成熟果実数 | | | | 1.0 | 0 | 1.0 | |
| 2号 | 1983 | 総 数 | 81.8 | 22.6 | 5.4 | 34.6 | 0 | 144.4 | 18.7 |
| | | 成熟果実数 | | | | 27.0 | 0 | 27.0 | |
| | 1984 | 総 数 | 2.2 | 3.0 | 0.2 | 0.4 | 0 | 5.8 | 3.4 |
| | | 成熟果実数 | | | | 0.2 | 0 | 0.2 | |
| | 1985 | 総 数 | 84.0 | 44.2 | 2.2 | 14.0 | 3.0 | 147.4 | 9.5 |
| | | 成熟果実数 | | | | 11.4 | 2.6 | 14.0 | |

備考 成熟果実は堅果数を示す。

表3 1㎡当たり落下果実数とその内容

| 母樹 | 調査年 | 1㎡当たり落下数 | | | | 割 合(%) | | |
|----|------|----------|-----|------|-------|----------|-----|------|
| | | 発育 不全 | 虫害 | 健全 | 合計 | 発育 不全 | 虫害 | 健全 |
| 1号 | 1983 | 152.8 | 3.0 | 4.0 | 159.8 | 95.6 | 1.9 | 2.5 |
| | 1984 | 45.0 | 1.6 | 0.4 | 47.0 | 95.7 | 3.4 | 0.9 |
| | 1985 | 181.2 | 0.4 | 0.6 | 182.2 | 99.5 | 0.2 | 0.3 |
| 2号 | 1983 | 112.6 | 7.6 | 24.2 | 144.4 | 78.0 | 5.3 | 16.7 |
| | 1984 | 5.2 | 0.4 | 0.2 | 5.8 | 89.7 | 6.7 | 3.4 |
| | 1985 | 132.4 | 1.4 | 13.6 | 147.4 | 89.8 | 1.0 | 9.2 |

トチノキは虫媒花で開花期にはミツバチその他の昆虫が沢山飛来しており、結実の悪い原因ははっきりしなかった。広葉樹は一般に結実率が低い。蒜山演習林の広葉樹天然林における結実率は、ブナ林で7.5~32%、クヌギ林で1.5~12.5%、コナラ林で50%以下であった⁹⁾

林木の結実周期は樹種によって異なる。毎年結実するものから5~7年の周期で結実するものまである。蒜山演習林におけるトチノキの結実周期は調査期間が短いので結論を出せないが、表4によると1983年は豊作のようで、1号木では1㎡当たり成熟種子が5.2個、2号木では27.0個落下している。

表4 母樹1本当たり着果数の推定

| 母樹 | 胸高直径 (cm) | 樹冠面積 (m ²) | 1 m ² 当たり 成熟種子落下数 | | | 1本当たり 着果数 | | |
|----|--------------|---------------------------|---------------------------------|------|------|--------------|------|-------|
| | | | '83年 | '84年 | '85年 | '83年 | '84年 | '85年 |
| 1号 | 96 | 133 | 5.2 | 0.6 | 1.0 | 692 | 80 | 133 |
| 2号 | 233 | 452 | 27.0 | 0.2 | 14.0 | 12,204 | 90 | 6,328 |

翌年の1984年は、1号木で0.6個、2号木で0.2個落下し、凶作であった。1985年は1号木で1.0個、2号木で14.0個落下し、並作のようである。すなわち、豊作の翌年は凶作になっているが、翌々年にはかなり着果しており、隔年結果の傾向がみられる。久米⁷⁾は三重県の三重大学演習林のトチノキで4年間結実状況を調査し、4年間に豊作が1回、凶作が2回あり、結実の豊凶周期は3～5年程度ではないかと推測している。そして個体によって結実豊凶の周期が異なり、また1本の木の中でも、分岐幹によって異なることを報告している。一般に豊作の翌年は凶作になることが多いが、蒜山のトチノキでも、豊作の翌年は凶作で結実量は著しく減少している。

次に母樹1本当たり着果数の推定を行った。トチノキの種子は大きく1個の重さは平均11gで⁹⁾種子はほとんどが樹冠下に落下すると考えられる。そこでトラップ内に落下した1 m²当たり成熟種子落下数に樹冠面積を乗じて1本当たり着果数とした。1本当たり着果数は1号母樹では80～692個、2号母樹では90～12,204個と推定された。久米の調査によると⁷⁾結実の良い木で1本当たり440～4,400個(胸高直径46cm)、やや結実の悪い木で14～1,900個(胸高直径102cm)成熟種子が落下したという。結実量は豊凶による差が大きく、凶作年には大径木でもほとんど結実しない。鳥大蒜山演習林の2号母樹は胸高直径233cmの大径木で、豊作年には12,000個の堅果を着生するという結果がでたが、一般に果実は樹冠全体に均等に着生するのではなく、日当たりの良い陽樹冠に多く着生するので、この値は少し過大な値ではないかと思っている。久米⁷⁾の調査結果から判断すると、豊作年における胸高直径1 m前後の老齢木の堅果着生数は5,000個以上であろう。果実が大きいので沢山着果しているように見えるが、数はそれ程多くないようである。

2. 果実及び堅果の発達

果実及び堅果の生長、乾重量及び含水率の変化を図1～2に示した。トチノキの花は5月下旬に開花する。果実の大きさは6月中旬から8月下旬までほぼ直線的に増加し、9月中旬に最大になった。果実の中の堅果は7月下旬から急速に生長をはじめ、9月上、中旬に大きさが最大になった。堅果の生長の最も盛んな時期は8月であった。果実及び堅果の乾重量は8月上旬から急速に増加し、9月中旬に最大になった。堅果の含水率は乾重量の増加に対応して8月上旬から急速に減少し、9月中旬に最低になった。落下時期の堅果の含水率は約40%であった。トチノキの果実は8月に急速に生長して9月中旬に成熟する。筆者はこれまでにブナ、クヌギ、コナラの果実の発育について調査したが^{1,3)}ト

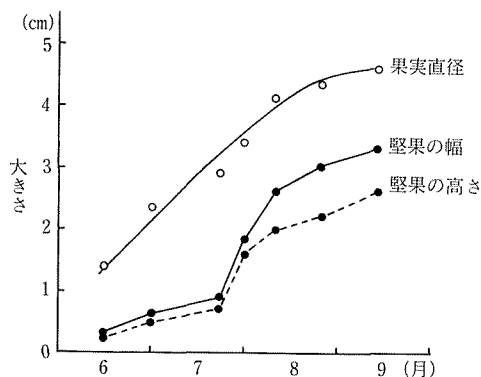


図1 果実と堅果の生長経過

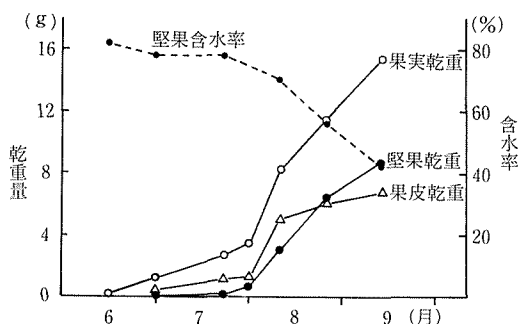


図2 果実及び堅果の乾重量と含水率の季節変化

チノキの堅果の生長時期はブナよりも遅く、コナラ・クヌギよりは早い、しかし、乾重量の増加時期はコナラ・クヌギよりも約1か月早く、ブナに比較的良好に似ている。

3. 果実の発育ともなう化学成分の変化

化学分析の結果を図3～4に示した。糖類、粗デンプンは堅果に多く含まれており、果皮にはわずしか含まれていなかった。堅果の糖類含有率は8月上旬、中旬に著しく増加し、9月に急激に減少した。これに対して、粗デンプンの含有率は8月中旬から急速に増加し、9月中旬の落下時期に最大になった。粗脂肪も粗デンプンと同様に堅果に多く含まれており、9月に急激に増加した。

灰分は堅果よりも果皮に多く含まれていた。灰分含有率は8月中旬に最低になり、9月にやや増加した。窒素とリンは果皮よりも堅果に、カリウムは逆に堅果よりも果皮に多く含まれていた。カルシウムは両者の間に大きな差はなかった。季節変化についてみると、窒素とリンは同じような変化を示し、堅果では7月下旬に最も含有率が高く、8月中旬から9月にかけて減少の傾向がみられた。しかし、果皮では7月以降はほぼ直線的に含有率が減少し、9月中旬に最低になった。カリウムの含有率は堅果では経時的に減少し、9月中旬に最低になったが、果皮では8月に増加し、9月にやや減少した。カルシウムの含有率は堅果、果皮とも同じ変化を示し、7月上旬から8月中旬にかけて急速に、その後は緩慢に減少して、9月に最低になった。

完熟種子の栄養分析の結果を表5に示した。炭水化物では粗デンプンの含有率が高く、無機成分では窒素とカリウムの含有率が高かった。チノキの種子はデンプン種子で堅果には粗デンプンが40～50%含まれていた。次にジベレリン様物質と果実の発育、成熟との関係について調べた。堅果ではRf0.5～0.6にピークのある活性の強いジベレリン様物質が検出された。この物質は化学的に同定していないが、Rf値はGA₃と一致する。堅果における含有量は8月上旬に最も多く、次いで8月下旬に多く、9月中旬には著しく減少した。含有量をGA₃に換算すると、生重100g当たり、8月10日に3.6μg、8月25日に3.2μg、9月13日に0.02μg含まれていた。ジベレリン様物質は堅果の生長最盛期に最も多く検出され、完熟期に減少することがわかった。

以上の結果から、トチノキの果実の発育と含有成分との関係についてみると、果実の生長期（8月上、中旬）に糖類及びジベレリン様物質が増加し、果実の成熟期（8月下旬～9月上旬）に粗デンプン及び粗脂肪が増加することがわかった。また窒素、リン、カリウム、カルシウムなどのミネラル類は果実の成熟期に減少する傾向がみられた。これらの中で糖類とデンプンの変化がとくに顕著で、果実の成熟にともなって糖がデンプンに変化し、種子の中に蓄積されることがわかった。

筆者は前報²⁾でクヌギ、コナラの果実の発育にともなう化学成分の変化を研究し、種子の成熟にともなってデンプンと脂肪が増加し、窒素、リン、カルシウム、マグネシウムが減少することを明らかにした。トチノキもクヌギ・コナラと同じデンプン種子で、種子の成熟にともなう化学成分の変化はクヌギ・コナラとたいへんよく似ていることがわかった。

筆者は前報²⁾でクヌギ、コナラの果実の発育にともなう化学成分の変化を研究し、種子の成熟にともなってデンプンと脂肪が増加し、窒素、リン、カルシウム、マグネシウムが減少することを明らかにした。トチノキもクヌギ・コナラと同じデンプン

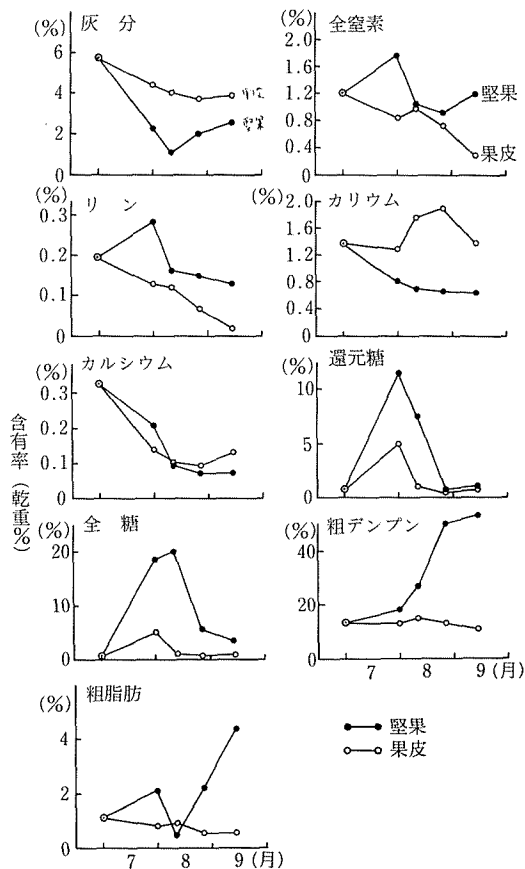


図3 果実の発育にともなう化学成分含有率の変化

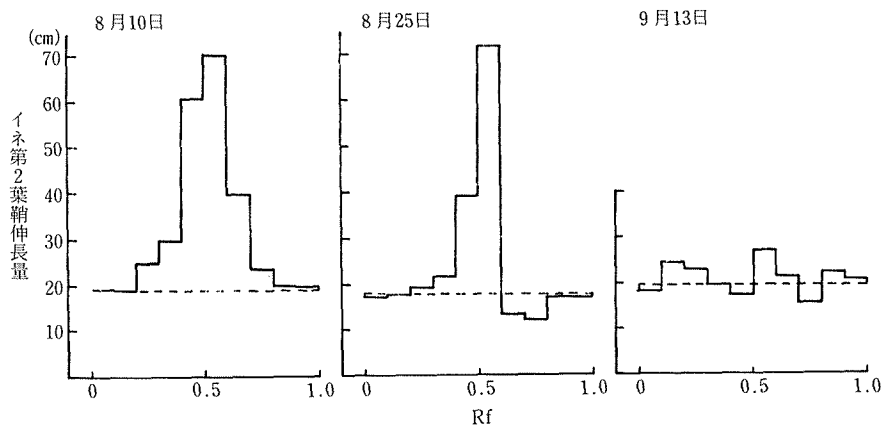


図4 堅果の発育にともなうジベレリン様物質の変化

表5 トチノキの完熟種子の栄養分析

(乾重%)

| 産 地 | | 還元糖 (%) | 全糖 (%) | 粗デンプン (%) | 粗脂肪 (%) | 灰分 (%) | 窒素 (%) | リン (%) | カリウム (%) | カルシウム (%) |
|-------------------|-------|---------|--------|-----------|---------|--------|--------|--------|----------|-----------|
| 鳥取県 若桜町 諸 鹿 | No. 1 | 1.38 | 6.84 | 49.58 | 6.64 | 1.94 | 1.20 | 0.24 | 0.71 | 0.14 |
| | No. 2 | 2.97 | 16.83 | 33.63 | 6.30 | 1.95 | 1.08 | 0.22 | 0.65 | 0.13 |
| 鳥大蒜山 演習林 | No. 1 | 1.50 | 9.98 | 42.14 | 4.91 | 1.95 | 1.22 | 0.20 | 0.69 | 0.11 |
| | No. 2 | 3.12 | 14.31 | 41.28 | 5.67 | 1.95 | 1.24 | 0.20 | 0.76 | 0.15 |

ブン種子で、種子の成熟にともなう化学成分の変化はクヌギ・コナラとたいへんよく似ていることがわかった。

植物ホルモンは果実の発育、成熟に重要な役割を演じており、未熟種子にはジベレリンが多く、完熟の方向に進むにつれて急速に含有率が低下することが多くの植物で報告されている⁹⁾。ジベレリンは α -アミラーゼなど加水分解酵素の活性を増加させる働きがあり、胚乳の中の各種の貯蔵物質を可溶性の形に変化させることが知られている。トチノキでは、果実の生長最盛期に糖類が増加し、同時にジベレリンが多量に検出されるので、内生ジベレリンは果実の生長、発育に対し重要な働きを演じているものと思われる。

IV 摘 要

鳥取大学蒜山演習林(標高700~750m)のトチノキ林で3年間結実状況を調査し、更に果実の発育、成熟について研究した。本研究の結果を要約すると次のとおりである。

1. 未熟果実は6月に最も多く落下した。成熟果実は8月下旬から落下をはじめ、9月中旬に最も多く落下した。1m²当たり総落下果実数は、豊作年で140~180個、凶作年で6~50個であった。豊作年における成熟果実の落下数は、1m²当たり5~27個であった。全落下果実数に対する成熟果実の割合(結実率)は0.5~19%であった。

2. 落下果実の内容は、発育不全果が78~99%、虫害果が0.2~6.9%、健全果が0.3~16.7%であった。

3. 結果の豊凶は年度及び個体によって差があった。豊作の翌年は凶作となり、隔年結果がみられた。

4. 母樹1本当たり健全果の着果数は個体及び年度によって差があったが1万個以下と思われる。

5. 果実及び堅果は8月に急速に生長して、9月中旬に大きさが最大になった。堅果の乾重量は8月中旬から急速に増加し、同時に含水率が急速に減少した。落下時期の堅果の含水率は約40%であった。

6. 果実の発育、成熟にともなって炭水化物及び無機成分の含有率に著しい変化がみられた。糖類は果実の生長期に増加し、成熟期に減少した。粗デンプンと粗脂肪は果実の成熟期に急速に増加した。全窒素、リン、カリウム及びカルシウムは果実の成熟期に減少する傾向がみられた。トチノキの種子

はデンプン種子で, 成熟種子の中には粗デンプンが40~50%含まれていた。

7. ジベレリン様物質は堅果の生長期に著しく増加した。

文 献

- 1) 橋詰隼人・福富 章: プナの果実および種子の発達と成熟. 日林誌, **60**, 163~168 (1978)
- 2) 橋詰隼人: クヌギおよびコナラの果実の発育にともなう化学成分の変化. 鳥大農演報, **11**, 71~76 (1979)
- 3) 橋詰隼人・尾崎栄一: クヌギおよびコナラの果実の発達と成熟. 鳥大農研報, **31**, 189~195 (1979)
- 4) 橋詰隼人: クヌギ採種林の造成と結実促進について. 緑化と苗木, **45**, 9~11 (1984)
- 5) 橋詰隼人・菅原基晴・長江恭博・樋口雅一: プナ採種林における生殖器官の生産と散布 (I) 種子の生産と散布. 鳥大農研報, **36**, 35~42 (1984)
- 6) 橋詰隼人: 未発表資料
- 7) 久米 懿: トチノキの熟果期と結実量. 32回日林中部支講, 87~88 (1984)
- 8) 菅 洋: 作物の発育生理. 養賢堂, pp. 322~326 (1979)
- 9) 竹内虎太郎: 緑化用樹木の実生繁殖法. 創文, p. 253 (1975)