日緑工誌，J. Jpn. Soc. Reveget. Tech., 30(4), 632–638

論　文　*ORIGINAL ARTICLE*

コナラ果実に対する落葉被覆が実生の発生と成長に及ぼす影響

阿部信之[1)]・橋本良二[2)]

1）岩手大学大学院連合農学研究科　United Grad. Sch. of Agri., Iwate Univ.
2）岩手大学農学部　Fac. of Agri., Iwate Univ.

摘要：上層木を強くすかした林地にコナラ果実を播き付け，落葉被覆が実生の発生と成長に及ぼす影響を調べた。また，圃場で，落葉被覆が地表下3 cmの土壌の温度とpF値に及ぼす影響を調べた。落葉被覆の影響は，土壌のpF値に対して顕著であった。被覆量200 g m^{-2}以下では土壌乾燥は急速に進んだ。一方，400 g m^{-2}以上では土壌乾燥は大きく抑制された。実生の発生率は，被覆量90 g m^{-2}では5%であったが，被覆量180 g m^{-2}および360 g m^{-2}ではともに40%を示した。1成長期を経た実生重は，被覆量によって異なり，360 g m^{-2}では180 g m^{-2}に比べ20%近く大きかった。実生重については，果実重や実生発生時期のほかに，シュート伸長様式が関与しており，落葉被覆は実生発生時期と二次伸長の促進にかかわっていた。厚い落葉被覆は，実生発生時期を遅らせるが，二次伸長を促進した。厚い落葉被覆がもたらす土壌の湿潤性が，二次伸長の促進を通して，実生の成長量を増加させると考えた。
キーワード：コナラ果実，乾燥，落葉被覆，実生発生，成長量

ABE, Nobuyuki and HASHIMOTO, Ryoji: **Effects of litter covering for *Quercus serrata* Thunb. acorns on emergence and growth activity of seedlings**
Abstract: We sowed *Quercus serrata* acorns in a heavily thinned stand to examine effects of litter covering for them on emergence and growth activity of seedlings. In a nursery we made another experiment to evaluate influences of litter covering on soil temperature and pF value at a depth of 3 cm under the ground surface. The influence of litter covering was distinctive for pF value. The soil became dry quickly under litter covering of less than 200 g m^{-2}, while such dehydration was not seen under more than 400 g m^{-2}. Ratio of seedling emergence was around 5% in litter covering of 90 g m^{-2}, while 40% in 180 and 360 g m^{-2}. Weight of seedlings after one growth season differed with amount of litter, it was about 20 % larger in 360 g m^{-2} than in 180 g m^{-2}. As for seedling weight, besides weight of acorn and day of seedling emergence, shoot elongation pattern was related to growth activity of the seedlings. The litter covering significantly affected day of seedling emergence and the second flash; the thick covering delayed the former but promoted the latter. We concluded that the soil wetness given by the thick covering promoted the second flash and so increased weight of the seedling.
Key words: *Quercus serrata* acorn, desiccation, litter covering, seedling emergence, growth activity

1. はじめに

東北地方の都市近郊には，コナラ（*Quercus serrata* Thunb.）を主体とする落葉広葉樹二次林が各所に分布している[14)]。かつてはこれらの林は薪炭づくりや落葉掻きなどに利用されたが，今日ではほとんどが放置状態にあり，樹勢の悪い株立ち木が多く，概して低質な林相となっている。近年，こうした林を昔の豊かな雑木林にもどそうとする活動が全国的に盛んになってきている[17,23,25)]。そこでは，他所でつくられた緑化材料を持ち込むよりは，現存する植物遺伝資源を活かし[33)]，自然の再生過程を取り入れて修復する方法が，強く支持されている[8,15,16)]。

樹上から落下したコナラ果実は，ノネズミの捕食や菌類の侵入など一連の生物害に遭遇するが[21)]，それらを回避できたとしても，その後の生残や成長は光，温度，水などの環境因子に大きく支配される[5,10,22,24)]。一般に，上層木を切って林床の光環境を改善し，さらに地表処理により低木類や落葉層を除去することが，実生の定着を促すとされている[16,27)]。しかしながら，ナラ類の種子は胚の含水率が高く，落下後に乾燥しやすい条件下におかれると容易に発芽力を失う[11, 29)]。このことから，開空度の大きい林分などでは，落下した果実が落葉に被覆されることが重要な意味をもつとされている[12,20,28)]。

コナラ種子に対する落葉被覆が実生の発生や成長に及ぼす影響を直接扱った研究は，きわめて限られている[15,18)]。まず，落葉被覆がどのような環境をもたらし，実生の発生にどうかかわるのか，よく調べておく必要がある。落葉被覆が実生の成長に及ぼす影響については，さまざまな関係要因があげられるが[32)]，地表下土壌の温度と水分量が大きく関与すると予

copyright(C) 日本緑化工学会

想される。また，よく知られているように，ナラ類は成長期において周期的にシュートを形成し，こうした葉群拡大が生残や成長に大きく関与するとされている[1,2,5,9,10,13]。

本研究では，コナラ実生の定着を促進することを目的とする場における果実落下後の落葉被覆のあり方について，検討をおこなった。まず，落葉被覆が地表下土壌の温度とpF値に及ぼす影響を実験的に調査した。さらに，大きく伐開した林地で果実を実際に播き付けて落葉被覆試験をおこない，被覆量が実生の発生と成長にどのように影響するかを調べた。被覆量の成長への影響については，とくに伸長パターンのちがいに注目した。

2. 材料と方法

2.1 落葉被覆と地表下の土壌環境

落葉被覆が地表下土壌の温度とpF値に及ぼす影響を見るため，岩手大学構内の圃場の開放地で，2004年4月上旬より1カ月間実験をおこなった。プラスチック製の円筒形ポット（直径27 cm，高さ38 cm）に苗畑土壌を入れ，表面をコナラの落葉で被覆した。供試土壌の炭素含有率（チューリン法）は約3%，土性は粗砂，細砂，シルト，粘土の割合が15%，35%，29%，21%で埴壌土に区分された。ポット内土壌の容積重は，75～80 g ml^{-1}の範囲に調整した。落葉は，前年11月に岩手大学農学部附属滝澤演習林のコナラを主体とする落葉広葉樹林（後述）で落ちて間もないものを採取し，実験室で風乾した。落葉被覆処理は落葉無しを含め4処理設け（試験ポットN，C_A，C_B，C_C），落葉に対し上から亜鉛引き亀甲金網（1辺1 cm，560 g m^{-2}）で蓋をするように軽く押さえつけた。被覆量は試験ポットN，C_A，C_B，C_Cでそれぞれ1 m^2あたり乾重0 g（厚さ0 cm），204 g（3.5 cm），475 g（8.2 cm），1,024 g（17.7 cm）であった。後述の試験区での落葉被覆量に比べ，試験ポットC_Cで相当多く設定したのは，影響を及ぼす被覆量の範囲を把握するためである。試験ポットの繰り返しは，それぞれ5個とした。

実験は，4月2日に試験ポットに十分な給水をおこない，その後は給水を断ち雨水のかからない状態にし，5月5日まで31日間にわたりおこなった。ポットは土中に埋めて地表面のレベルをあわせ，透明プラスチック製の波板（遮光率30%）で屋根をかけた。給水後，土壌が圃場容水量以下になるのを待ち，4月4日から地表下3 cm付近の土壌の温度と含水率の測定を開始した。温度は，各被覆量処理ごとに1ポットを選び，測温抵抗体を用い30分間隔でデーターロガーに記録した。含水率は，各ポットで少量をサンプルし秤量びんに入れ乾重ベースの比率を求めた。含水率の測定はだいたい1週間間隔でおこない，測定終了後，pF値と含水率との関係を遠心分離法により求め，三次式で近似した。

2.2 播種試験

2.2.1 試験区

試験は，盛岡市の北約10 km，岩手山南東麓に位置する岩手大学農学部附属滝沢演習林のコナラ天然下種更新試験地[1]でおこなった。試験地の標高は190 m，斜面方位と傾斜角はそれぞれ南南東，5°以下，土壌型はBl_D型であった。試験地の北北西1.4 km，標高214 mにある演習林庁舎前の気象観測（1987～1997年）によると，年平均気温9.4℃，年平均降水量1,130 mmであった。本試験地では，1996年秋，1 haあたり85本のコナラ母樹を残して伐採をおこなった。母樹の胸高直径は24～49 cm（平均41 cm），樹高は20～27 m（平均23 m）であった。1997年10月，試験地の一角に0.9 m×0.9 mの方形の試験区を6個設けた。試験区を配置した場所の相対日射量は，1998年7月の測定で散光条件下で約60%であった。

2.2.2 播種と落葉被覆

1997年10月，試験地周辺のコナラ立木から落下した果実を採取した。採取にあたっては，落下して間もない果実のうち，虫害や腐敗の見られない充実したものを選んだ。採取した果実は，実験室に持ち帰り直ちに水選し，試験に用いた。試験区では，草本や低木などの地上器官や地下器官を除去し，よく土壌を耕した後，整地した。さらに，試験区は，ノネズミなどによる種子の捕食を回避するため，金網（2.2.1）を四方に張った鋼製枠（0.9 m×0.9 m×0.9 m）で囲んだ。鋼製枠は地表下20 cmの深さまで入れ，上面は金網を張った木枠で蓋をした。

果実はそれぞれ重量を測定した後，個体識別ができるように各試験区で81個を，各列9個ずつ9列に配置した。列間は10 cmとし，各列10 cm間隔に果実を地表面に軽く押し付けて並べた。果実配置後，コナラの落葉で被覆した。落葉は，試験地周辺のコナラを主体とする落葉広葉樹林で，「2.1」と同様に落ちて間もないものを採取し調整した。被覆量は3段階とし（試験区A，B，C），「2.1」と同様に金網で落葉を軽く押さえつけた。試験区A，B，Cの被覆量は，それぞれ1 m^2あたり乾重で90 g（厚さ1.6 cm），180 g（3.1 cm），360 g（6.2 cm）であった。試験区の繰り返しは2回であった。

落葉で地表面を覆う際，1枚ずつ重ならないように敷き並べ，地表面がほぼ見えなくなる量が乾重で約70 g m^{-2}であった。また，1枚ずつ丁寧に敷き重ね，厚さが5 cmに達する落葉量が約290 g m^{-2}であった。

2.2.3 実生調査

翌年4月中旬の消雪期以降，4月20日を調査開始日とし，種子上胚軸が落葉上から出現する経過を，5～10日間隔で記録した。上胚軸の出現は，6月中旬以降には見られなくなった。本調査では，上胚軸の出現をもって実生の発生とした。上胚軸伸長にともなう最初のシュート形成に続いて，一部の実生で6月下旬から7月中旬にかけて次の新たなシュート形成があった。本論文では，それぞれのシュート形成を一次伸長，二次伸長，それぞれの葉群を一次伸長葉，二次伸長葉と呼ぶ。そして，一次伸長のみの実生を1回伸長型，引き続いて二次伸長の起こったものを2回伸長型と呼ぶ。2回伸長型個体では，7月中旬以降，二次伸長に続いて三次伸長が見られた個体もあったが，当該実生の数やそれぞれの葉量はわずかであったので，二次伸長に包含して扱った。10月中旬，発生した実生を掘り出し，実験室に持ち帰り，各器官の乾重を調べた。上胚軸伸長の見られなかった種子については，掘り

copyright(C) 日本緑化工学会

出して死亡原因を推定した。なお，ノネズミなどによる種子の持ち去りはいっさいなく，実生の葉における虫害も一部の実生に限られ，かつ軽微であった。

3. 結　果

3.1 落葉被覆量の土壌環境への影響

表–1に，落葉被覆量が地表下土壌の温度とpF値に及ぼす影響を示す。被覆量が増すにつれて，日最高地温は下がり日最低地温は上がった。しかし，日平均値については，被覆量による差はなかった。落葉被覆量がpF値に与える影響は，大きかった。実験開始時に2.3以下であったpF値は，実験開始後2週間で試験ポットNでは4.2以上に，試験ポットC_Aでも2.8以上に達し，その後も乾燥が続いた。これに対し，試験ポットC_B，C_Cでは実験開始後2週間のpF値の上昇はわずかで，その後も大きな変化はなかった。

3.2 実生発生

表–2に，試験区における実生の発生経過を示す。試験区A，B，Cにおける実生の総発生率はそれぞれ5.5%，39.6%，40.9%であり，Aで低く，B，CはAに比べ明らかに高かった。試験区B，C間のちがいは，わずかであった。発生数の多かった試験区BとCで発生の早晩を比べると，Bでは5月11日までに総発生数の半分以上が発生したが，試験区Cでは1/3であった。実生発生所要日数（調査開始日の4月20日から発生日までの日数）の平均は，試験区B，Cでそれぞれ24.2日，28.5日であり，差は有意であった。

上胚軸伸長が見られなかった種子については，試験区B，Cでは種子内容物が腐敗していたものが90%以上であったが，試験区Aでは発根前や発根後に枯死したと見られるものが少なくとも30%はあった。なお，すべての試験区を通じて，上胚軸伸長した実生で，その後に死亡したものはなかった。

3.3 実生成長

3.3.1 果実重と実生発生日の影響

図–1に，実生重を果実重との関係で示す。試験区A，B，Cともに，実生重と果実重との間に正の相関が認められた。相関係数は試験区A，B，Cでそれぞれ0.70*，0.60**，0.52**（*は$p<0.05$で有意，**は$p<0.01$で有意）であった。また，実生重は，試験区全体を通して2回伸長型のものが1回伸長型に比べ大きく，試験区ごとでもA，Bで有意差が認められた（表–3）。試験区全体を通して1回伸長型と2回伸長

表–1 落葉被覆が地表下3 cmの土壌の温度とpF値に及ぼす影響
Table 1 Influences of litter covering on soil temperature and pF value in the depth 3 cm

Pot		Litter	Soil temperature (℃)			pF value				
	(no.)	(g m^{-2})	Mean	Min	Max	Apr 4	Apr 11	Apr 19	Apr 26	May 5
N	5	0	10.8^{a}±1.9	7.4^{b} ±1.9	15.6^{a}±3.2	2.26±0.27	3.54	5.18^{a}±1.14		5.21^{a}±0.36
C_A	5	204	10.6^{a}±1.8	7.6^{b} ±1.9	14.1^{b}±2.6	(2.26)	2.81	3.07^{b}±0.17	3.11	3.32^{b}±0.26
C_B	5	475	10.9^{a}±1.9	7.7^{ab}±2.5	13.8^{b}±2.5	(2.26)	2.53	2.48^{c}±0.23	2.51	2.54^{c}±0.03
C_C	5	1,024	10.8^{a}±1.7	8.7^{a} ±1.9	13.2^{b}±2.1	(2.26)	2.48	2.46^{c}±0.20	2.30	2.59^{c}±0.21

温度とpF値欄の数字は平均値（Scheffé の多重検定，$p<0.05$）と標準偏差。異なるアルファベットは有意差を表す。Mean，Min，Maxはそれぞれ日平均，日最低，日最高地温の実験期間平均値。4月4日のpF値測定は試験ポットNのみ，他の試験ポットは試験ポットNと同じと考えた。pF4.2以上は外挿法によった。

Numerals in temperature and pF columns are means (Scheffé's multiple range test, $p<0.05$) and standard deviations. Different alphabets show significant difference. Mean, Min, and Max are means of daily mean, minimum, and maximum soil temperatures during the experimental period, respectively. Measurements of pF value in April 4 were done for only Pot N, considered the same for the other pots as for Pot N. Values of pF exceeding 4.2 were from extrapolation.

表–2 実生の発生経過
Table 2 Time course of emergence of seedlings

Plot			Litter	Acorn	Number of seedlings (no.)							R	Mean
	(no.)	(m^2)	(g m^{-2})	(no.)	Apr 22	Apr 29	May 5	May 11	May 15	May 22	June 2	(%)	(day)
A	2	1.62	90	164	0	0	2	2	4	8	9	5.5	27.9^{ab}±9.0
					0	2	0	2	4	1			
B	2	1.62	180	164	0	3	22	36	44	56	65	39.6**	24.2^{b} ±9.9
					3	19	14	8	12	9			
C	2	1.62	360	164	0	0	5	23	33	55	66	40.2**	28.5^{a} ±8.4
					0	5	18	10	22	11			

試験区の大きさは0.9 m×0.9 m。実生数の上段は各調査日の観察数，下段は期間内発生数。Rは実生総発生率を表し，最終調査日の実生数を供試果実数で割った値。試験区B，CについてAとのちがいをz検定した（**は$p<0.01$で有意）。Meanは実生発生所要日数（調査開始から発生までの日数）の平均（Scheffé の多重検定，$p<0.05$）。異なるアルファベットは有意差を表す。

Plot size is 0.9 m×0.9 m. Upper and lower numerals in column of number of seedlings show for observed seedlings at each day and new recruites during the period, respectively. R shows ratio of seedling emergence, percentage of seedlings observed at the last investigation against acorns sown. Difference of Plot B or C from A was tested by z (** : significant at $p<0.01$). Mean shows averaged value of days from investigation start to emergence (Scheffé's multiple range test, $p<0.05$). Different alphabets show significant difference.

copyright(C) 日本緑化工学会

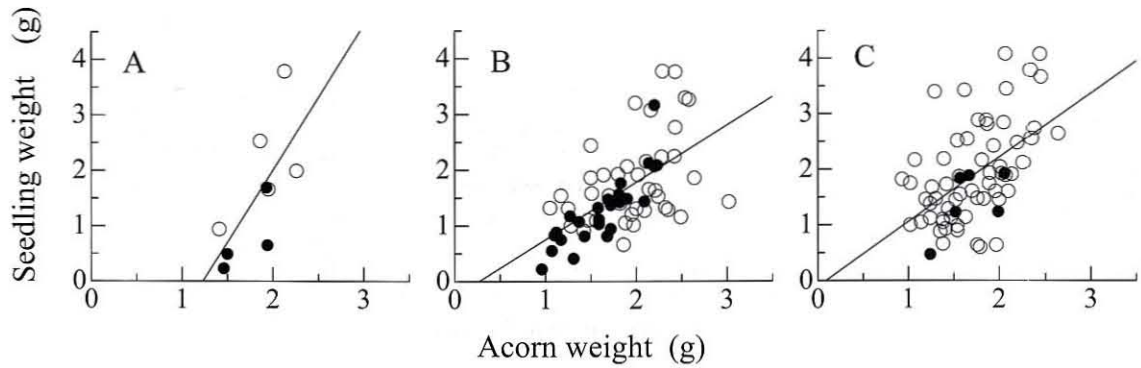


図-1　果実重と実生重との関係
相関係数は試験区 A，B，C でそれぞれ 0.70*，0.60**，0.52**（*は $p<0.05$，**は $p<0.01$ で有意）。図中の直線は回帰式による。黒丸は 1 回伸長型，白丸は 2 回伸長型の実生。

Fig. 1　Relationship between seedling weight and acorn weight. Correlation coefficients were 0.70*, 0.60**, and 0.52** (*: significant at $p<0.05$, **: significant at $p<0.01$). Straight lines were drawn by regression equations. Closed circles were seedlings of one flash type and open ones two flashes type.

表-3　実生のシュート伸長型と器官重量

Table 3　Weight of organs as related to shoot growth types of seedlings

Plot	Seedling		Weight (g)				
	Type	(no.)	L	SB	R	Total	T/R ratio
A	I	4	$0.09^{b}\pm0.05$	$0.10^{a}\pm0.07$	$0.58^{a}\pm0.55$	$0.77^{b}\pm0.64$	$0.43^{a}\pm0.15$
	II	5	$0.45^{a}\pm0.19$	$0.32^{a}\pm0.19$	$1.41^{a}\pm0.69$	$2.18^{a}\pm1.06$	$0.55^{a}\pm0.07$
B	I	25	$0.22^{b}\pm0.11$	$0.15^{b}\pm0.08$	$0.91^{a}\pm0.47$	$1.27^{b}\pm0.64$	$0.44^{b}\pm0.16$
	II	40	$0.48^{a}\pm0.26$	$0.25^{a}\pm0.13$	$1.09^{a}\pm0.49$	$1.82^{a}\pm0.81$	$0.71^{a}\pm0.26$
C	I	6	$0.21^{b}\pm0.09$	$0.20^{b}\pm0.04$	$1.02^{a}\pm0.49$	$1.43^{a}\pm0.57$	$0.52^{a}\pm0.30$
	II	60	$0.49^{a}\pm0.22$	$0.31^{a}\pm0.16$	$1.13^{a}\pm0.58$	$1.93^{a}\pm0.90$	$0.77^{a}\pm0.24$
A, B, C	I	35	$0.20^{b}\pm0.10$	$0.15^{b}\pm0.08$	$0.89^{b}\pm0.49$	$1.24^{b}\pm0.63$	$0.45^{b}\pm0.18$
	II	105	$0.49^{a}\pm0.23$	$0.29^{a}\pm0.15$	$1.13^{a}\pm0.55$	$1.90^{a}\pm0.87$	$0.73^{a}\pm0.24$

タイプ I，II はそれぞれ 1 回伸長型，2 回伸長型。重量と T/R 率の数字は平均値（Welch，$p<0.05$）と標準偏差。異なるアルファベットは有意差を表す。L，SB，R はそれぞれ葉，幹枝，根。

Types I and II show one flash type and two flashes type, respectively. Numerals in weight column are means (Welch, $p<0.05$) and standard deviations. Different alphabets show significant difference. L, SB, and R represent leaves, stem and branches, and roots, respectively.

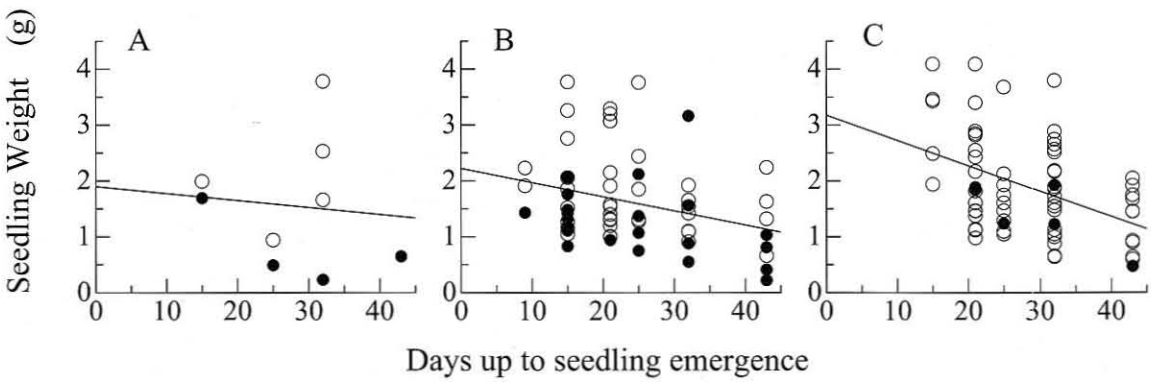
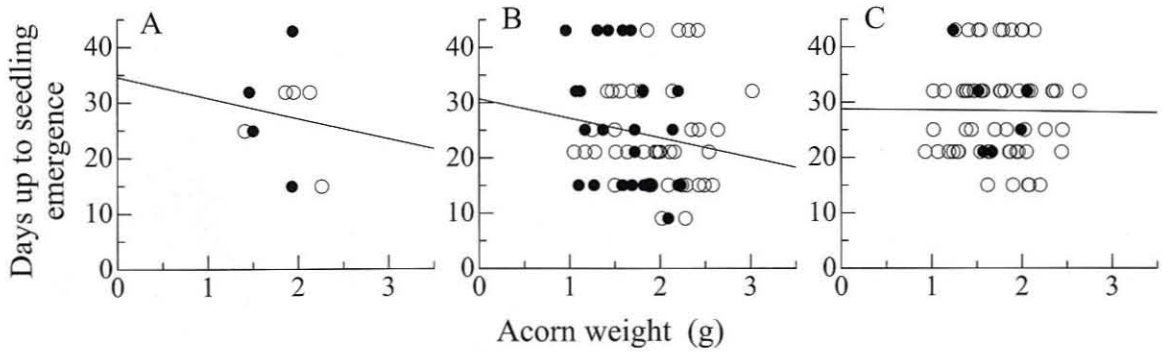


図-2　実生発生所要日数と実生重との関係
実生発生所要日数は調査開始日の 4 月 20 日から発生日までの日数。相関係数は試験区 A，B，C でそれぞれ −0.10，−0.32*，−0.43**。

Fig. 2　Relationship between seedling weight and days up to seedling emergence. Days up to seedling emergence are ones from day of investigation start, April 20, to day of emergence. Correlation coefficients in Plots A, B, and C were −0.10, −0.32*, and −0.43**, respectively.

copyright(C) 日本緑化工学会



図–3 果実重と実生発生所要日数との関係
相関係数は試験区A，B，Cでそれぞれ−0.12，−0.16，−0.01で，いずれも有意でなかった。

Fig. 3 Relationship between days up to seedling emergence and acorn weight. Correlation coefficients were −0.12, −0.16, and −0.01 in Plots A, B, and C, respectively, all of which were insignificant.

表–4 実生成長に及ぼす落葉被覆の影響

Table 4 Effects of litter covering on development of seedlings

Plot	Number of seedlings	Type II (%)	Weight (g)						
			L_{1st}	L_{2nd}	L	SB	R	Total	T/R ratio
A	9	56 *	$0.17^{a}\pm0.12$	$0.21^{a}\pm0.11$	$0.29^{ab}\pm0.24$	$0.22^{ab}\pm0.18$	$1.04^{a}\pm0.74$	$1.55^{ab}\pm1.13$	$0.50^{c}\pm0.12$
B	65	62 **	$0.23^{a}\pm0.11$	$0.23^{a}\pm0.17$	$0.38^{b}\pm0.25$	$0.21^{b}\pm0.13$	$1.02^{a}\pm0.49$	$1.61^{b}\pm0.79$	$0.60^{b}\pm0.26$
C	66	91	$0.22^{a}\pm0.10$	$0.27^{a}\pm0.15$	$0.47^{a}\pm0.22$	$0.31^{a}\pm0.16$	$1.12^{a}\pm0.57$	$1.89^{a}\pm0.88$	$0.74^{a}\pm0.25$

Type II（%）は2回伸長型実生の比率，試験区A，BについてCとのちがいをz検定した（*は$p<0.05$，**は$p<0.01$で有意）。重量とT/R率の数字は平均値（Scheffé の多重検定，$p<0.05$）と標準偏差。異なるアルファベットは有意差を表す。L_{1st}，L_{2nd}はそれぞれ一次伸長葉と二次伸長葉。

Type II (%) shows percentage of seedlings of two flashes type: Difference of Plot A or B from C was tested by z (*: significant at $p<0.05$, **: significant at $p<0.01$). Numerals in weight column are means (Scheffé's multiple range test, $p<0.05$) and standard deviations. Different alphabets show significant difference. L_{1st} and L_{2nd} represent leaves of the first flash and the second flash, respectively.

型の器官重を比較すると，葉重や幹枝重で差が大きく，2回伸長型でT/R率が高かった。なお，果実重と伸長型との間には明確な関係は認められなかった。

図–2に，実生重を実生発生所要日数との関係で示す。試験区A，B，Cともに，実生重と実生発生所要日数との間に負の相関があり，相関係数はそれぞれ−0.10，−0.32 *，−0.43 ** であった。なお，実生発生所要日数と伸長型との間には明確な関係は認められなかった。

図–3に，果実重と実生発生所要日数との関係を示す。試験区A，B，Cともに，両者の間に有意な相関はなく，それぞれが実生重に対して独立して働くことが示された。実生重を目的変数とし，果実重と実生発生所要日数を説明変数として重回帰分析したところ，重相関係数は試験区A，B，Cでそれぞれ0.70，0.64 **，0.68 ** となり，果実重との単相関係数に比べ，とくに試験区Cで増大した。

3.3.2 落葉被覆量の影響

実生重に及ぼす落葉被覆量の影響を見たのが，表–4である。各試験区での実生重は，実生数の少なかった試験区Aとの間では有意差はなかったが，実生重は被覆量が多くなるにつれ増大する傾向があり，試験区B，C間では有意差が認められた。試験区B，C間の差を器官ごとに見ると，葉重と幹枝重で有意差があったが，根重ではなかった。葉重について一次伸長葉と二次伸長葉に分けると，試験区B，C間のちがいは二次伸長葉で大きかったが，有意ではなかった。一方，T/R率は，落葉被覆量が増すにつれ大きくなり，試験区間のちがいはすべて有意であった。また，2回伸長型実生の比率は，試験区Cで大きく，A，BはCに比べ明らかに小さかった。

4. 考　察

4.1 落葉被覆と実生の発生

落葉堆積層は一般に種子の発芽床として不適当で実生の定着を阻害するが[3,7,34]，種子サイズの大きいものでは保湿効果によって好影響をもたらすとされている[4,6]。古くから，ナラ類などでは4，5 cm程度の厚さの落葉層が発芽床として好適とされている[19]。このような発芽床（種子が置かれる培地）に関する議論はこれまで多くなされているが，種子を覆う落葉量に注目した研究は少ない。北畠[18]は，ブナやミズナラでは被覆量が150 g m^{-2}でも300 g m^{-2}でも実生の発生率は同じであったとしている。この試験では，春の実生発生以降は灌水しているので，試験を開始した前年の秋から翌年の実生発生までの期間については，落葉被覆量の多少は実生発生に影

copyright(C) 日本緑化工学会

響しないことを示唆している。他方，柏木ら[15]は，秋に試験を開始し1年経過後の調査で，落葉被覆の厚さが2～5 cmの条件下で実生の生残を認めている。

落葉被覆は，地表下土壌の温度への影響もあるが，土壌表面からの蒸発を著しく抑制する（表–1）。被覆量が多い場合には，落葉自体がもつ水分も保持されるので[30]，地表面や地表下土壌は湿潤に保たれる。一方，落葉被覆量があるレベル以下になると，地表下土壌の乾燥が急激に進む（表–1）。試験区Aで実生発生率が極端に低かったのは，被覆量が少ないために乾燥害が起こったことによると考えられる。

本試験では，乾燥が原因と見られる死亡については，発根の前と後に死亡したものが，それぞれ観察されたが，死亡時期は明確にはできなかった。しかし，いずれにせよ，上胚軸が落葉層から出たものでは，その後の死亡はなかったことから，落葉被覆の有無および被覆量の多少は，実生の発達段階における発根前および発根後の段階で，おそらく種子内水分量への影響を通して生死に大きく関与すると考えられる[12,28]。

4.2　落葉被覆と実生の成長

実生重に対しては，果実重と実生発生日が明らかに影響していた（図–1, 2）。種子重が発芽後の光合成系の発達を通して初期成長の大きさを決定することは，よく知られている[2,26,31]。また，一般に種子の発芽勢が高いほど初期成長は旺盛とされており[26]，落葉被覆下のコナラ種子では実生発生日の早いもので大きな成長量を示すことが確認されている[15]。種子貯蔵物質に依存する成長ステージにおいて，貯蔵物質量が多いことに加えて，より短期間に一次伸長を完了することが，大きな葉量確保につながるのであろう[19]。

ところで，コナラ当年生実生の成長量は，二次伸長が起こるか否かで大きく異なる[1,2]。果実重と実生発生所要日数を従属変数とする重回帰分析において，決定係数がどの試験区でも0.5以下で，それほど高くなかったのは，実生が二次伸長をするかしないか，すなわち伸長型が影響しているためと考えられる（表–3）。伸長型は果実重や実生発生日の影響を受けないと見られたことから（図–1, 2），実生重の変動については二次伸長を支配する要因が第3の要因として考えられる。一般に，ナラ類実生の二次伸長は，実生が利用する光や土壌水分などの生育条件の良いところで起こると見られている[1,5,10]。

落葉被覆量は，実生重の変動に関与する上述の3要因のうち，実生発生日および伸長型と深くかかわっている（表–2, 4）。被覆量の増大は，実生発生日に対しては遅らせる効果を，伸長型に対しては2回伸長型に導く効果をもたらす。つまり，実生重に対して，前者はマイナス効果，後者はプラス効果をもたらす。試験区Cで平均実生重が大きかったのは（表–4），落葉被覆のプラス効果がマイナス効果を上回ったことによると理解される。

落葉被覆量の増大が実生発生を遅らせるのは，種子上胚軸が落葉層を貫通する際の物理的な影響[35]のほかに，温度上昇の抑制（日最高気温の低下）による上胚軸伸長速度の低下が関係するのかもしれない。一方，被覆量の増大により二次伸長が促進されるのは，地表面および地表下土壌が湿潤に保たれるためであろう。この湿潤環境は，一次伸長葉の形成期において，種子内子葉の水分量を維持し貯蔵物質の分解・移動を容易にする。また，一次伸長葉形成期以降も，根からの水分や養分の吸収を円滑にするので，一次伸長葉のCO_2気孔コンダクタンスを高く維持すると見られる。こうしてもたらされる個体の良好な栄養状態は，二次伸長を促進すると考えられる[5]。

4.3　落葉被覆量の設定

試験区B，C間で実生の発生率にちがいがなかったことから（表–2），開空度の大きい場所でも，落葉被覆量が200 g m^{-2}（厚さ3.5 cm）以上あれば，発生率の大きな低下は起こりにくいといえる。また，試験ポットC_B，C_C間でpF値にちがいがなかったことから，400あるいは500 g m^{-2}以上の落葉被覆量は必要ないであろう。

試験区B，C間では，実生発生率は同じであったが，実生重は試験区Cで大きかったことから（表–4），最適被覆量は発生率と成長量で異なり，前者で少ないように推測される。しかし，この点については，より充実した設計の試験が必要である。今後は，林地の開空度との関係を考慮して，さらに試験を進めたい。

引用文献

1) 阿部信之・橋本良二（2000）母樹保残法更新面における微気象環境および小形掘削機による地床処理がコナラ当年生稚樹のガス交換特性に与える影響，日本林学会誌，82: 7–14.
2) 阿部信之・木村憲一郎・橋本良二（1997）コナラおよびミズナラ実生の成長・発達と種子重，岩手大学農学部演習林報告，28: 13–25.
3) Beatty, S. W. and Sholes, O. D. V. (1988) Leaf litter effect on plant species composition of deciduous forest treefall pits. Can. J. For. Res., 18: 553–559.
4) Carson, W. P. and Peterson, C. J. (1990) The role of litter in an old-field community: Impact of litter quantity in different seasons on plant species richness and abundance. Oecologia, 85: 8–13.
5) Collet, C. and Frochot, H. (1996) Effects of interspecific competition on periodic shoot elongation in oak seedlings. Can. J. For. Res., 26: 1934–1942.
6) Day, A. D., Ludeke, K. L. and Thames, J. L. (1986) Revegetation of coal mine soil with forest litter. J. Arid Environ., 11: 249–253.
7) Facelli, J. M. and Pickett, S. T. A. (1991) Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. Bot. Rev., 57: 1–32.
8) 浜田　拓・倉本　宣（1994）実生出現法によるコナラ林の埋土種子集団の研究及びその植生管理への応用，ランドスケープ研究，58: 76–82.
9) Hanson, P. J., Dickson, R. E., Isebrands, J. G., Crow, T. R. and Dixson, R. K. (1986) A morphological index of *Quercus* seedling ontogeny for use in studies of physiology and growth. Tree Physiology, 2: 273–281.

copyright(C) 日本緑化工学会

10) 橋本良二・青木亨宏（1995）コナラ前生稚樹の葉群形成と光合成特性に及ぼす林冠木伐採の影響，日本緑化工学会誌，21: 101–113.
11) 橋詰隼人（1980）落葉性コナラ属種子の休眠と発芽に関する研究，広葉樹研究，1: 49–58.
12) 広木詔三・松原輝男（1982）ブナ科植物の生態学的研究 III. 種子−実生期の比較生態学的研究，日本生態学会誌，32: 227–240.
13) 石丸香苗・武田博清（2002）コナラ稚樹の光環境変化への当年枝形態の対応，日本緑化工学会誌，28: 121–126.
14) 石塚和雄（1973）岩手県におけるコナラ二次林とミズナラ二次林の分布，および北上山地の残存自然林の分布について，岩手県自然環境保全調査会編，自然環境保全調査（基礎調査）報告書，岩手県，pp. 153–163.
15) 柏木　亨・吉田博宣・勝野武彦（2003）落葉落枝を活用した樹木種子の出芽と実生の成長過程，日本緑化工学会誌，29: 223–226.
16) 片岡博行・嶋　一徹・千葉喬三（2003）広葉樹二次林における慣行的な里山管理作業が林内環境と実生更新に及ぼす影響，日本緑化工学会誌，29: 297–300.
17) 加藤勝康（1996）自治体がおこなう植生管理，亀山　章編，雑木林の植生管理，ソフトサイエンス社，pp. 248–260.
18) 北畠啄郎（2001）落葉層の厚さと実生サイズの違いが実生の発生・定着に及ぼす影響，森林立地，43: 23–26.
19) Kozlowski, T. T. (1971) Growth and development of trees. Volume I. 443 pp. Academic Press, New York.
20) Kozlowski, T. T., Kramer, P. J. and Pallardy, S. G. (1991) The physiological ecology of woody plants. 657 pp. Academic Press, San Diego.
21) Matsuda, K. (1985) Studies on the early phase of the regeneration of a konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) secondary forest. II. The establishment of current-year seedlings on the forest floor. Jap. J. Ecol., 35: 142–152.
22) Matsuda, K. (1989) Survival and growth of konara oak (*Quercus serrata* Thunb.) seedlings in an abandoned coppice forest. Ecol. Res., 4: 309–321.
23) 森戸淳平・大澤啓志・勝野武彦（2003）里山型公園での市民参加による林床管理が実生木に及ぼす影響，日本緑化工学会誌，29: 239–242.
24) 長池卓男・橋本良二（1991）コナラ林におけるコナラ稚樹群の動態と成長発達，102 回日林論，457–458.
25) 中川重年（2004）森づくりテキストブック，山と渓谷社，223 pp.
26) 中村俊一郎（1985）農林種子学概論，養賢堂，280 pp.
27) 西村尚之・白石高子・山本進一・千葉喬三（1991）都市近郊コナラ林の構造と動態（II）林内における 3 年間のコナラ実生の動態，日本緑化工学会誌，16: 31–36.
28) 桜井尚武・斎藤勝郎（1983）ミズナラ稚樹の成立過程に関する研究（I）落下種子の消失とその要因について，94 回日林論，363–364.
29) 佐々木義則・安養寺幸夫（1982）シイタケ原木林の造成に関する研究—クヌギ，コナラ種子の乾燥日数別の含水率および発芽率—，大分県林業試験場研究報告，24: 19–20.
30) 佐藤嘉展・熊谷朝臣・小川　滋（1999）リター層による雨水遮断と土壌蒸発抑制，日本林学会誌，81: 250–253.
31) 清和研二・菊澤喜八郎（1989）落葉広葉樹の種子重と当年生稚苗の季節的伸長様式，日本生態学会誌，39: 5–15.
32) 高橋輝昌・伊藤梓美・三星暢公・桑原　茜・浅野義人・小林達明（2001）植物性発生材の敷きならしが苗木の生育に及ぼす影響，日本緑化工学会誌，27: 320–323.
33) 津村義彦・岩田洋佳（2003）遺伝的変異性を考慮した緑化とは，日本緑化工学会誌，28: 470–475.
34) Xiong, S. and Nilsson, C. (1999) The effects of plant litter on vegetation: a meta-analysis. J. Ecol., 87: 984–994.
35) 鄭　紹輝・井之上準（1989）ダイズ芽生えの伸長に伴う抽出力，胚軸の太さ，ならびにエチレン発生量の変化，日本作物学会紀事，58: 357–363.

(2005.1.21 受理)

copyright(C) 日本緑化工学会