

肥料木の機能に関する研究 (X)

肥料木のN吸収および生長に及ぼす施肥の影響

中島幸雄*・辻田昭夫*・中久幸**

Studies on the Function of the "Fertilizer-trees" (X)

Effect of manuring on the nitrogen absorption and
the growth of some fertilizer-trees

Yukio NAKAJIMA, Akio TSUJITA and Hisayuki NAKA

Summary: In order to see the effect of manuring on the absorption of nitrogen and the growth of the "fertilizer-trees", a N-lack manuring test was put in practice by using very poor soils (N : 0.003%, C : 0.07%, PH : 5.58). As fertilizer-trees, 1 year old seedlings of Yamahannoki (*Alnus hirsuta* TURCZ. var. *Sibirica* C. K. SCHN.) and Ooba-Yashabushi (*A. Sieboldiana* MATSUM.) were used. The results obtained are as follows:

- 1) The growth of the seedlings in the control plot is very poor as compared with that in both manuring plots which have been manured with NPK or PK. The effect of manuring is thus evidently recognized. The growth in the NPK-plot is almost same to that in the PK-plot, except that in early season the growth of the aboveground parts of the seedlings in the NPK-plot is superior to that in the PK-plot.
- 2) The amount of root-nodules is increased evidently by manuring. In this case, the effect of manuring PK is larger than that of NPK. It seems, therefore, that the growth and the activity of root-nodules are increased by manuring PK, and somewhat decreased by manuring N.
- 3) N content in the leaves is also increased evidently by manuring. The effect of manuring is almost same in both manuring plots, except that in early season N content in the leaves of the NPK-plot is higher than that of the PK-plot to some extent. This fact seems to show that N absorption of the seedlings is affected by manuring N in early season, but becomes unrelated afterward, and that N absorption may be increased by manuring PK.

From the results of this experiment, it may be permitted to assume as follows. In case of the "fertilizer-trees", the growth and the activity of root-nodules are increased by manuring only P and K without N. Then nitrogen absorption of the seedlings becomes more vigorous, and the growth of the seedlings is greatly increased in consequence. Manuring N is ineffective except in early season, it may serve rather negatively to the function of root-nodules.

* 造林学研究室 Laboratory of Silviculture

** 愛媛県庁 Ehime Pref. Government

要 旨 ヤマハンノキとオオバヤシヤブシについて、きわめて養分に乏しい花崗岩風化土壌を用いて、N 欠乏施肥試験を行ない、肥料木による N 吸収と生長に及ぼす施肥の影響をしらべた。

無施肥区の生長はきわめて不良で、生長に及ぼす施肥の効果は顕著である。三要素区は、初期の地上部の生長は N 欠区より勝るが、以後は N 欠区と変わらず、生育終期においては、両施肥区の間には差は認められない。

根粒の着生重量は、施肥により明らかに増大するが、三要素区は N 欠区よりも少ない。このことは、根粒の着生発育に対する PK 施肥の効果と共に、N 施肥による阻害作用を示すものと考えられる。

葉の N 含有率は、施肥により明らかに高まる。この場合も、生育初期には三要素区の方が N 欠区より高い値を示すが、以後は両施肥区の間には有意差は認められない。このことは、施肥当初は N 施肥の有無が、肥料木の N 吸収に影響するが、その後は、N とは無関係に PK により N の吸収が高まることを示すものと考えられる。

このように、本試験においては、PK のみの施肥によっても NPK を施用した場合と同様の生長促進効果を示したが、これは、PK 施肥により根粒の着生及びその機能の増進が行なわれ、N の吸収が高まった結果と考えられる。N 施用の効果は、施肥当初以外は認められず、却って根粒の着生を抑制するようで、施肥に当ってはこの点に留意することが必要である。

結 言

根粒を有する所謂「肥料木」は、その根粒による N 固定機能のため、瘠悪地によく耐え、地力を回復する効果を有するものとして、広くこのような所に植栽されてきたが、所期の効果をあげていない場合もかなりあるようである。肥料木においても、その植栽効果を十分に発揮させるためには、施肥が必要と考えられるが、その方法は一般林木とはかなり異なったものが要求されるであろう。

本試験は、肥料木の N 固定機能をみるとともに、肥料木に対する施肥の方法を検討するために、ヤマハンノキとオオバヤシヤブシについて、N 含有量のきわめて少ない土壌を用いて N 欠乏施肥試験を行ない、N の吸収と生長に及ぼす施肥の影響をしらべたものである。

なお、本報の一部は日本林学会関西支部第 23 回大会（奈良市）において講演した¹⁾。

試 験 方 法

供試樹種は、ヤマハンノキとオオバヤシヤブシの二樹種で、それぞれ根元径 (0.3~0.4 cm)、苗長 (約 30 cm) のほぼ均一とみられる 1 年生苗約 750 本ずつを選び、地上長 10 cm、根長 12 cm に切断したものをを用いた。

新鮮な花崗岩風化土壌 (N: 0.003%, C: 0.070%, PH: 5.58) を用いて、幅 1 m 長さ約 7 m の試験床を作り、これを 2 m²ずつ 3 区劃して、三要素区・N 欠区・無施肥区を設け、それぞれ 91 本ずつの苗木を植栽した。このような試験床を、両樹種とも 3 こずつ作り、3 反復とした。植栽は 45 年 4 月 13 日である。

苗木の活着した後、5 月下旬と 7 月下旬の 2 回に分けて施肥を行なった。施肥量は第 1 表のとおりで、施肥要素量は、苗木 1 本当たり N: 1.2 g, P₂O₅: 1.2 g, K₂O: 0.72 g となる。

Tab. 1 Amount of fertilizer and nutriment contained (g/1 seedling)

	(NH ₄) ₂ SO ₄	CaH(PO ₄) ₂	K ₂ SO ₄	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
NPK	1.9	2.4	0.48	0.4	0.4	0.24	May 25~26, 1970
	3.8	4.8	0.96	0.8	0.8	0.48	July 21~25, 1970
PK	—	2.4	0.48	—	0.4	0.24	May 25~26, 1970
	—	4.8	0.96	—	0.8	0.48	July 21~25, 1970

生長経過をみるため、植栽後 2 週間毎に、各 plot 1 本ずつの固定測定木について、苗長及び主軸の葉数を測定した。

各plot 91本の苗木のうち、外側の1列は環境条件が異なると思われるのでこれを省き、残りの55本の苗木より、7月・9月・11月・12月および落葉後の1月乃至2月に、一定本数ずつを掘取り、各種の測定および分析を行った。

試験結果ならびに考察

1. 生長経過

各Plot 毎に1本の固定測定苗を定め、2週間毎に苗長および主軸の葉数を測定した。各処理3本の平均値をもって、上生長曲線および葉数増加曲線を描けば、図1.2のようになる。

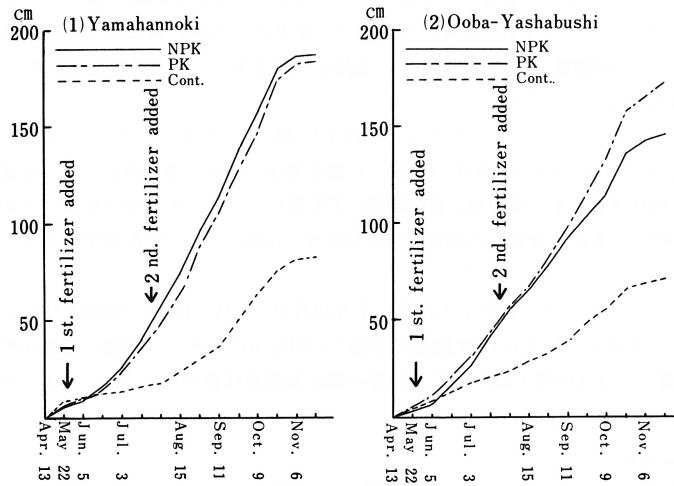


Fig. 1 Height growth of seedlings after fertilization

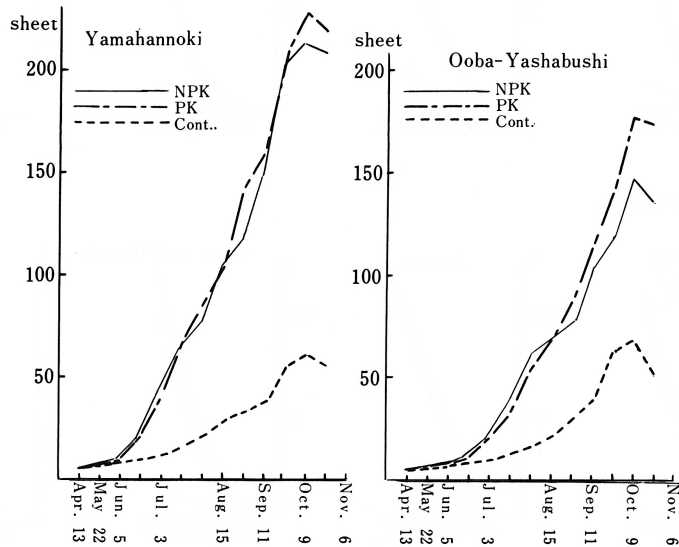


Fig. 2 Number of leaves

両樹種とも、第1回の施肥後10日目位から三要素区およびN欠区の上長生長が盛になり、10月末日まで旺盛な生長を続ける。三要素区とN欠区の差は殆んどみられず、生長休止時の苗長は、両樹種、両施肥区とも無施肥区の2倍以上に達した。葉数は、両樹種とも三要素区、N欠区において施肥後1カ月目位から増加しはじめ、その後急速に増加して、10月末には、ヤマハノキで無施肥区の約3.5倍、オオバヤシヤブシで2~2.5倍に達した。11月に入ると多少落葉がみられた。三要素区とN欠区の差は葉量においてもみられない。

このように、固定測定苗のみについてみると、施肥の苗長生長および葉数増加に対する効果は著しいが、三要素区とN欠区の間に殆んど差がないことからみると、N施肥の有無は関係ないように思われる。

2. 施肥の生長に及ぼす影響

両樹種とも萌芽性が強く、苗木の時代は主幹と側枝の区別が針葉樹のように必ずしも明瞭でない場合が多く、施肥効果の判定は、苗長や根元径よりも重量でみる方がよいと考えられる。本試験では、7月、9月、11月、12月(落葉前)および落葉後(ヤマハノキ1月、オオバヤシヤブシ2月)の5回にわたって苗木を掘取って調査したが、図1、2でみられるように、両樹種とも11月になると生長もほぼ止まり、一部落葉もはじまるので、7、9、11の各月について施肥の効果を見ることとした。

3処理、3反復の各Plotより、ヤマハノキについては7月20本、9月10本、11月3本ずつ、オオバヤシヤブシについては7月18本、9月6本、11月3本ずつ掘取った標本苗木につき、葉、幹枝、根の重量を測定し、各測定月毎に全重量、葉重量、幹枝重量、地上部重量、根部重量、TR率について、各処理3反復の平均値および分散分析、t検定を行なって処理間の有意差を検定した結果を表2に示す。なお、これより各処理1本ずつの平均値を求めて図示すれば図3のようになる。

これによれば、ヤマハノキでは、施肥1カ月後の7月以外は、9月、11月の掘取り時の全重量、葉重量、幹枝重量、根部重量とも、三要素区、N欠区は無施肥区に比べて明らかに大きく、施肥の効果は明瞭である。三要素区とN欠区は、何れの場合もほぼ同様の値を示し、両者の間に有意差は認められない。これに対して、7月にはまだ

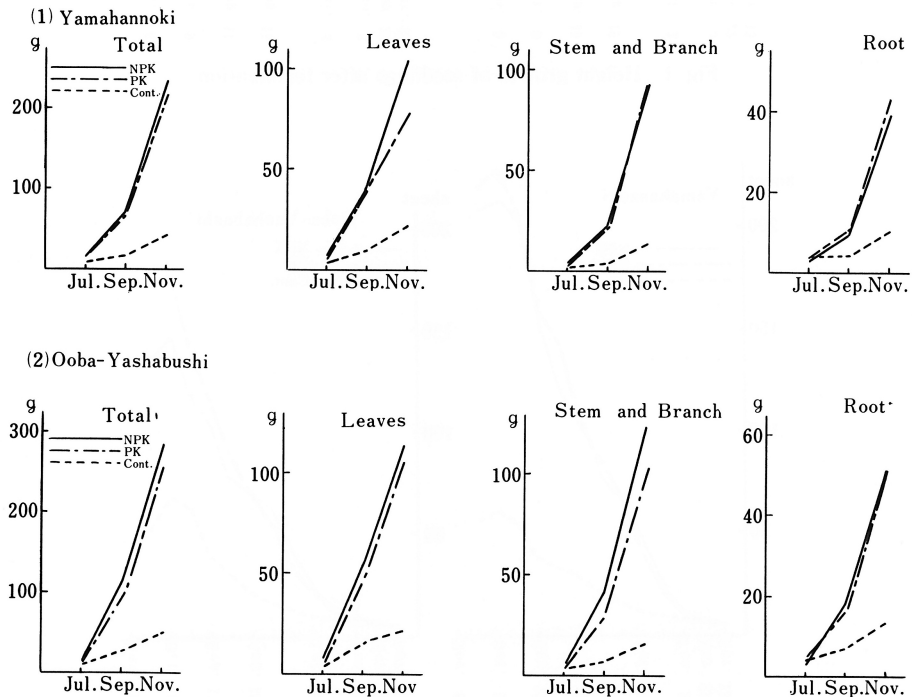


Fig. 3 Fresh weight in each part of sampled seedlings (g per seedling)

Tab.2 Weight of each part of seedlings in each inquired month

(1) Yamahannoki

Month	Treatment		Total weight (g)	Leaves (g)	Stem and Branch (g)	Above ground (g)	Root (g)	T•R ratio	Note
Jul.	Weight	NPK	267.8± 74.2	159.2± 48.7	48.5± 16.4	207.7± 65.1	60.1± 14.3	3.5±0.8	Sum of 20 seedlings per each plot
		PK	227.2± 50.8	119.3± 30.2	35.7± 7.9	155.0± 37.7	72.2± 14.0	2.1±0.3	
		Cont.	157.9± 33.0	64.5± 19.5	20.1± 4.4	87.6± 23.9	70.3± 10.7	1.2±0.3	
Sep.	Weight	NPK	725.2±141.4	399.4± 80.7	229.1± 49.8	628.5±130.5	96.8± 11.0	6.4±0.7	sum of 10 seedlings per each plot
		PK	703.1± 59.4	387.3± 26.2	214.3± 31.3	601.7± 56.2	101.5± 4.3	5.9±0.4	
		Cont.	163.4± 65.4	87.9± 40.4	33.5± 15.2	121.4± 55.6	42.0± 9.9	2.8±0.7	
Nov.	Weight	NPK	713.1±133.5	316.1± 63.1	279.5± 59.8	595.6±121.9	117.4± 11.6	5.0±0.5	Sum of 3 seedlings per each plot
		PK	643.2±188.0	230.0± 96.1	281.8± 76.1	511.8±138.2	131.4± 49.9	4.0±0.5	
		Cont.	129.1± 83.0	60.8± 35.4	39.1± 28.8	99.9± 64.2	29.2± 21.0	3.8±2.1	
Jul.	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	—	*	—	*	—	*	
		PK-Cont.	—	—	—	—	—	—	
Sep.	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	**	**	**	**	***	**	
		PK-Cont.	**	**	**	**	***	**	
Nov.	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	**	**	**	**	*	—	
		PK-Cont.	*	*	**	*	*	—	

(2) Ooba-Yashabushi

Jul.	Weight	NPK	249.6±63.6	118.8± 36.0	61.7± 14.6	180.5± 50.5	69.1± 13.9	2.6±0.3	Sum of 18 seedlings per each plot
		PK	212.3± 42.6	86.3± 21.2	52.0± 8.7	138.3± 27.8	74.0± 17.3	1.9±0.3	
		Cont.	186.0± 27.0	66.7± 17.1	41.6± 3.6	113.3± 19.2	77.7± 9.3	1.5±0.2	
Sep.	Weight	NPK	705.9±169.5	336.4± 83.1	255.9± 72.4	592.3±144.1	113.6± 46.9	5.6±1.7	sum of 6 seedlings per each plot
		PK	566.8±205.7	286.9±112.5	178.5± 56.2	465.4±168.4	101.4± 37.9	4.6±0.4	
		Cont.	171.2± 19.8	91.6± 13.1	38.1± 5.5	129.7± 18.1	41.6± 4.3	3.1±0.4	
Nov.	Weight	NPK	880.2±273.4	351.1±104.2	374.4±147.0	725.5±246.9	154.8± 38.0	4.7±1.3	Sum of 3 seedlings per each plot
		PK	775.8±122.5	322.8± 49.7	299.1± 50.5	621.9±100.0	153.9± 22.6	4.0±0.1	
		Cont.	149.0± 91.6	64.0± 41.4	45.7± 33.5	109.7± 74.9	39.3± 16.9	3.3±0.4	
Jul.	t-test	NPK-PK	—	*	—	—	—	*	
		NPK-Cont.	—	**	—	*	—	**	
		PK-Cont.	—	—	—	*	—	—	
Sep.	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	**	*	**	**	*	—	
		PK-Cont.	*	*	**	*	*	—	
Nov.	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	**	**	*	*	*	—	
		PK-Cont.	*	*	*	*	*	—	

* Significance of 5% level, ** 1% level, *** 0.1% level

施肥の効果は充分ではなく、全重量および地上部各部位の重量は、三要素区、N 欠区、無施肥区の順に小さくなるように見えるが、有意差は葉重量および地上部重量において、三要素区と無施肥区の間に明らかに認められ（危険率5%）、N 欠区と無施肥区の間に僅かに認められる（危険率10%）にすぎない。根重量においては処理によるちがいは全く認められない。すなわち、この段階では、施肥の効果は地下部にはまだ全く現れないが、地上部特に葉の増大に現われ、N 欠区よりも三要素区の方が施肥効果が大きいものと思われる。以上のことは、TR 率からも推察される。

オオバヤシャブシにおいても、ヤマハンノキと同様に、施肥1カ月後の7月には、地下部には施肥の影響は全く現れておらず、全重量においても各処理の間に有意差は認められないが、葉重量においては、三要素区はN 欠区・

無施肥区より明らかに大きく、地上部重量においては、三要素区・N欠区が無施肥区より大きい。9、11月の掘取り時においては、施肥の効果は明瞭で、各部位重量とも施肥区は無施肥区より明らかに大きく、三要素区とN欠区の間には有意差は認められない。

以上の結果からみると、重量生長に対する施肥の効果は、施肥後1カ月では地下部にはまだ全く現れないが、地上部特に葉重量の増大に現われはじめる。この場合、三要素区の方がN欠区より効果が大きく、N欠区の効果は三要素区ほど明瞭ではない。その後は、地上部に対しても地下部に対しても、施肥の効果は明瞭となり、三要素区もN欠区も殆んど変わらず同様の効果を示すようになる。すなわち、本試験のようにNに乏しい土壌においては、施肥当初1カ月の間はN施肥の有無が地上部の生長に影響するが、その後はN施肥とは無関係にPK施肥の効果が発現し、最終的には三要素区もN欠区も同様の生長を示すに至るものと考えられる。

3. 施肥の根粒形成に及ぼす影響

施肥と根粒形成との関係を知るため、各掘取り期毎に根粒数および根粒重を測定したが、根粒には大小あるため根粒数でみることは適当でないと考えられるので、根粒重を用いて検討することとした。また、7、9月はまだ苗木が小さく着生根粒重も微量のため、生長のほぼ終了した11月以降の調査結果を用いることとした。なお、ヤマハノキの11月は資料の一部を欠いたので、これを省いた。

ヤマハノキの12月、1月の掘取り苗木について測定した各試験区の値は表3のとおりで、これについて分散分析を行なった結果を表4に示す。これ

によれば、根粒着生量は明らかに処理により差異があり ($P < 0.1\%$)、また月により差異がある ($P < 5\%$) ことが示されている。そこで、処理および月について、t検定により有意差の検定を行なった結果は表5のとおりである。以上の結果より次のことがいえる。すなわち、ヤマハノキの根粒着生量は、(1)施肥処理によって異なり、N欠区が最も多く、三要素区がこれに次ぎ、無施肥区が最も少ない。(2)1月掘取りのものは、12月掘取りのものより多い。

Tab. 3 Weight of root-nodules of Yamahannoki in each plot (g/1 seedling)

Block	Month	NPK	PK	Cont.	Total
1	Dec.	1.70	3.54	1.40	6.64
	Jan.	2.75	3.52	1.19	7.46
2	Dec.	1.99	4.42	1.24	7.65
	Jan.	2.69	6.24	1.11	10.04
3	Dec.	2.28	4.53	0.90	7.71
	Jan.	3.44	5.60	1.28	10.32
Total		14.85	27.85	7.12	49.82

Tab. 4 Analysis variance of root-nodules (Yamahannoki)

	S.S.	N	S.S./N	F	P
Treatment	36.5825	2	18.2913	104.761	<0.001
Block	1.5805	2	0.7903	4.526	0.2~0.05
Month	1.8818	1	1.8818	10.777	0.05~0.01
T.—B.	2.6975	4	0.6744	3.8625	0.2~0.05
T.—M.	0.9027	2	0.4514	2.5853	>0.2
B.—M.	0.3176	2	0.1588	—	
T.—B.—M.(error)	0.6985	4	0.1746		
Total	44.6611	17			

Tab. 5 Test of significance of root-nodules (Yamahannoki)

	NPK	PK	Cont.
NPK		+++	++
PK	+++		+++
Cont.	++	+++	

	Dec.	Jan.
December		+
January	+	

+ Significance of 5% level, ++ 1% level, +++ 0.1% level

次に、オオバヤシヤブシの11, 12, 2月の掘取り苗木について、ヤマハンノキと同様の検定を行なった結果は表6, 7, 8のとおりで、これらより次のことが結論としていえる。すなわち、オオバヤシヤブシの根粒着生量は、(1)施肥処理によって異なり、N欠区は三要素区、無施肥区より多い。三要素区は無施肥区より多い値を示すが、その差異は明らかでない(P: 5~10%)。(2)2月掘取りのものは、11月掘取りのものより多いが、11月—12月、12月—2月の差異は明らかでない。

以上のように、両樹種とも、PKを施肥したものは、NPKを施肥したものおよび無施肥のものより根粒着生量が明らかに多い。NPKを施肥したもの

Tab. 6 Weight of root-nodules of Ooba-Yashabushi in each plot (g/1 seedling)

Block	Month	NPK	PK	Cont.	Total
1	Nov.	3.26	13.42	1.70	18.38
	Dec.	4.32	16.04	4.10	24.46
	Feb.	9.87	15.36	4.21	29.44
2	Nov.	5.61	6.48	2.30	14.39
	Dec.	9.03	9.94	6.82	25.79
	Feb.	21.00	12.81	4.73	38.54
3	Nov.	5.78	8.95	3.37	18.10
	Dec.	9.11	10.97	5.88	25.96
	Feb.	5.41	18.78	10.35	34.54
Total		73.39	112.75	43.46	229.60

Tab. 7 Analysis variance of root-nodules (Ooba-Yashabushi)

	S.S.	N	S.S./N	F	P
Treatment	268.3747	2	134.1874	10.1927	0.01~0.001
Block	3.0159	2	1.5080	—	—
Month	148.2242	2	74.1121	5.6295	0.05~0.01
T.—B.	117.4590	4	29.3648	2.2305	0.02~0.05
T.—M.	12.9177	4	3.2294	—	—
B.—M.	14.6097	4	3.6524	—	—
T.—B.—M.(error)	105.3196	8	13.1650		
Total	669.9208	26			

Tab. 8 Test of significance of root-nodules (Ooba-Yashabushi)

	NPK	PK	Cont.
NPK	—	+	—
PK	+	—	++
Cont.	—	++	—

	Nov.	Dec.	Feb.
November	—	—	+
December	—	—	—
February	+	—	—

+ Significance of 5% level, ++ 1% level

も、無施肥区に比べて根粒着生量が多いが、オオバヤシヤブシではその差異は5%の危険率では明らかでない(10%では差が認められる)。これらのことは、根粒の着生には、PKの施用が効果があり、Nの施用は効果がないのみか、むしろ却って逆効果を有することを示すものようである。この場合、PとKの何れが有効なのか、PとKが相まって効果を現わすものなのかは、本実験では不明である。なお、根粒の着生量は11月以降も多少増加するものようである。

4. 施肥のN吸収に及ぼす影響

施肥と苗木のN吸収との関係を知るため、生育期間中の7月、9月、落葉直前の12月および落葉後(ヤマハンノキは1月、オオバヤシヤブシは2月)の掘取り苗について、各Plot毎に葉、枝、幹、根の各部についてNの定量を行なった。各処理3反復の平均値および各月別に分散分析、t検定を行なってその有意差を検定した結果を一覧表にしたものが表9で、これを図示したものが図4である。

Tab. 9 Content of N in each part of the seedlings (in % of dry subst.)

(1) Yamahannoki

Part	Treatment		July	September	December	Jan. or Feb.	Note
Leaves	%	NPK	3.25±0.15	3.15±0.22	2.69±0.10	2.25±0.09	Jan.: Fallen leaves
		PK	2.97±0.08	3.38±0.08	2.49±0.20	2.25±0.14	
		Cont.	2.18±0.16	2.43±0.31	2.48±0.18	2.30±0.11	
	t-test	NPK-PK	—	—	*	—	
		NPK-Cont.	***	*	*	—	
		PK-Cont.	**	**	—	—	
Branch	%	NPK	1.34±0.07	0.90±0.06	1.67±0.12	1.65±0.16	Jul.: Mixture of stem and branches
		PK	1.14±0.05	0.93±0.07	1.68±0.10	1.59±0.04	
		Cont.	0.95±0.07	0.88	1.92±0.13	1.72±0.12	
	t-test	NPK-PK	*	/	—	—	
		NPK-Cont.	**	/	—	—	
		PK-Cont.	*	/	—	—	
Stem	%	NPK	/	0.69±0.03	1.25±0.06	1.26±0.04	
		PK	/	0.74±0.08	1.19±0.09	1.31±0.06	
		Cont.	/	0.82±0.06	1.47±0.06	1.55±0.09	
	t-test	NPK-PK	/	—	—	—	
		NPK-Cont.	/	*	*	**	
		PK-Cont.	/	—	*	*	
Root	%	NPK	1.35±0.07	1.01±0.06	1.42±0.10	1.55±0.18	
		PK	1.24±0.05	1.00±0.05	1.44±0.07	1.58±0.10	
		Cont.	1.00±0.06	0.87±0.10	1.49±0.06	1.55±0.07	
	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	**	—	—	—	
		PK-Cont.	*	—	—	—	

(2) Ooba-Yashabushi

Leaves	%	NPK	3.62±0.39	2.81±0.61	2.31±0.41	1.81±0.11	Feb.: Fallen leaves
		PK	3.22±0.33	2.75±0.08	2.48±0.09	1.88±0.22	
		Cont.	2.48±0.30	2.27±0.41	2.30±0.22	2.25±0.08	
	t-test	NPK-PK	*	—	—	—	
		NPK-Cont.	***	—	—	—	
		PK-Cont.	**	—	—	—	
Branch	%	NPK	1.15±0.09	1.00±0.01	1.42±0.09	1.49±0.11	Jul.: Mixture of stem and branches
		PK	0.96±0.11	1.11±0.07	1.44±0.02	1.54±0.05	
		Cont.	0.88±0.07	1.14±0.05	1.74±0.15	1.70±0.14	
	t-test	NPK-PK	—	*	—	—	
		NPK-Cont.	—	**	*	—	
		PK-Cont.	—	—	*	—	
Stem	%	NPK	/	0.64±0.05	0.93±0.09	1.03±0.02	
		PK	/	0.74±0.03	0.92±0.06	0.99±0.02	
		Cont.	/	0.79±0.11	1.18±0.10	1.25±0.13	
	t-test	NPK-PK	/	—	—	—	
		NPK-Cont.	/	—	*	*	
		PK-Cont.	/	—	*	*	
Root	%	NPK	1.05±0.03	0.87±0.08	0.92±0.05	1.21±0.07	
		PK	0.97±0.05	0.92±0.03	0.94±0.02	1.09±0.06	
		Cont.	0.88±0.02	1.01±0.11	1.06±0.04	1.20±0.05	
	t-test	NPK-PK	—	—	—	—	
		NPK-Cont.	**	—	*	—	
		PK-Cont.	*	—	*	—	

*Significance of 5% level, **1% level, ***0.1% level

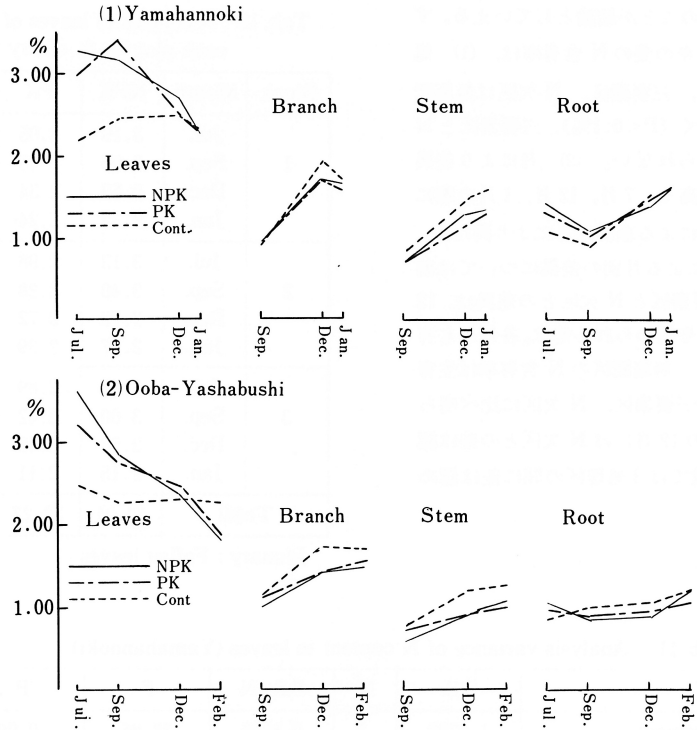


Fig. 4 Nitrogen content in each part of seedlings (in % of dry subst.)

これによれば、7月には、オオバヤシヤブシの幹枝以外は両樹種とも、葉、幹枝、根のいずれも、無施肥区に比べて施肥区の含有率は明らかに高く、施肥の効果は明瞭である。三要素区とN欠区との間には、地上部では有意差が認められ、三要素区の方が高い値を示すが、根では有意差は認められない。9月においても、ヤマハンノキの葉の含有率は施肥区の方が無施肥区よりも高いが、三要素区とN欠区のちがいは認められなくなる。根では施肥区と無施肥区の間には差は認められない。12月以降は、葉では12月のヤマハンノキの三要素区が他より高いほかは、生葉も落葉も処理による差は認められず、根においても、処理によるちがいは殆んどみられない(オオバヤシヤブシの12月には無施肥区と施肥区間に有意差が認められるが、その差は僅かである)。これに対して、幹のN含有率は、両樹種とも無施肥の方が施肥区よりも明らかに高い値を示しており、枝においても幹ほど明らかではないが同様の傾向を示すものようである。これは、無施肥区の苗木の幹枝は施肥区のものに比べると細いため木質部の占める割合の少ないことと、表2にみられるように、無施肥区の生長が悪いため、生育後期には葉量に対する枝幹部の割合が施肥区に比べてかなり小さくなるため、落葉期に葉から枝幹に還流する養分が相対的に多くなるためではないかと考えられる。

以上は各月別に調べた結果であって、これによっても施肥の効果はある程度推察されるが、更にこれを明確にするとともに、N含有率の季節変化をみるため、苗木の栄養状態を最もよく示すものと思われる葉について、全測定値を用いて分散分析を行なった。

ヤマハンノキの7, 9, 12, 1月の掘取り苗の葉のN含有率を各Plot毎に測定した結果は表10のとおりである。なお、12月は一部落葉しつつある時期の着生葉で、1月は落葉である。これについて分散分析を行なったものが表11である。これによれば、処理および月により差異があることは明らかであり、また処理による差異が月により異なることが示されている。そこで、各処理間および各月間の含有率の差についてt検定を行なうと表12のとおりとなる。

以上の結果から次のことが結論としていえる。すなわち、ヤマハノキの葉のN含有率は、(1) 処理により差異があり、三要素区、N欠区は無施肥区に比べ明らかに高く ($P < 0.1\%$)、三要素区とN欠区との差異は認められない。(2) 月により差異があり、9月が最も高く、7月、12月、1月の順に低下する。(3) 処理による差異は月により異なる。

上記(3)の、処理による月別の差異については前述のとおりで、三要素区とN欠区との差異は、12月(落葉直前)にやや認められる他は、各月とも有意差は認められない。無施肥区のN含有率は生育期間中の7,9月では三要素区、N欠区に比べ明らかに低く、落葉直前の12月にはN欠区との差は認められず、1月の落葉では3処理区の間には差は認められない。

Tab. 10 N content in leaves of Yamahannoki in each plot (in % of dry subst.)

Block	Month	NPK	PK	Cont.	Total
1	Jul.	3.19	3.05	2.14	8.38
	Sep.	3.06	3.43	2.09	8.58
	Dec.	2.69	2.34	2.35	7.38
	Jan.	2.32	2.24	2.28	6.84
2	Jul.	3.13	2.98	2.04	8.15
	Sep.	3.40	3.28	2.51	9.19
	Dec.	2.79	2.72	2.68	8.19
	Jan.	2.27	2.39	2.20	6.86
3	Jul.	3.42	2.89	2.36	8.67
	Sep.	3.00	3.42	2.70	9.12
	Dec.	2.59	2.42	2.41	7.42
	Jan.	2.15	2.11	2.42	6.68
Total		34.01	33.27	28.18	95.46

January : Falleu leaves

Tab. 11 Analysis variance of N content in leaves (Yamahannoki)

	S.S.	N	S.S./N	F	P
Treatment	1.6790	2	0.8395	38.86	<0.001
Block	0.0616	2	0.0308	1.42	>0.20
Month	2.6493	3	0.8831	40.88	<0.001
T.—B.	0.1323	4	0.0331	1.53	>0.20
T.—M.	1.7097	6	0.2850	13.19	<0.001
B.—M.	0.2034	6	0.0339	1.56	>0.20
T.—B.—M.(error)	0.2594	12	0.0216		
Total	6.6947	35			

Tab. 12 Test of significance of N content in leaves (Yamahannoki)

	NPK	PK	cont.		Jul.	Sep.	Dec.	Jan.
NPK	—	—	+++	\	Jul.	+	++	+++
PK	—	—	+++		Sep.	+	+++	+++
cont.	+++	+++	+++		Dec.	++	+++	++
	+++	+++	+++		Jan.	+++	+++	++

+ Significance of 5% level, ++ 1% level, +++ 0.1% level

オオバヤシヤブシについて同様の検定を行なった結果は表13, 14, 15に示すとおりで、葉のN含有率は、(1) 処理によって差異があり、三要素区、N欠区は無施肥区に比べて明らかに高く、三要素区とN欠区との差異は認められない。(2) 月により含有率には差異があり、7月が最も高く、9月、12月、2月の順に低下する。(3) 月により各処理の影響は異なる。

上記(3)の、処理による月別の差異については前述のとおりで、三要素区とN欠区とは、各測定月ともほぼ同様の

含有率を示し、7月に三要素区の方が高い値を示すほかは、有意差は認められない。無施肥区は7、9月とも三要素区、N欠区よりかなり低い値を示すが、有意差としては7月に認められるだけで、9月には認められない。これは無施肥区の3測定値のバラツキが他よりかなり大きかったためである。12月、2月（落葉）においては三処理区間の差異は認められない。

以上のように、両樹種とも、葉のN含有率は、NPKを施用したものおよびPKを施用したものは、無施肥のものに比べて明らかに高く、施肥によりNの吸収が高まったことは明瞭であるが、NPK区とPK区との間では、施肥初期の7月にNPK区がやや高い値を示すほかは、全期間を通じて差は認められない。このことは、施肥後1カ月位の間はNの有無が苗木のN吸収に影響を及ぼすが、その後はNの有無とは無関係にPKのみでも同様の効果を

Tab. 13 N content in leaves of Ooba-Yashabushi in each plot (in % of dry subst.)

Block	Month	NPK	PK	Cont.	Total
1	Jul.	4.06	3.57	2.80	10.43
	Sep.	2.95	2.65	1.86	7.46
	Dec.	1.86	2.52	2.10	6.48
	Feb.	1.74	1.83	2.34	5.91
2	Jul.	3.31	2.92	2.41	8.64
	Sep.	2.64	2.80	2.28	7.72
	Dec.	2.68	2.38	2.27	7.33
	Feb.	1.94	1.69	2.24	5.87
3	Jul.	3.48	3.18	2.22	8.88
	Sep.	2.85	2.79	2.67	8.31
	Dec.	2.38	2.54	2.53	7.45
	Feb.	1.76	2.13	2.18	6.07
Total		31.65	31.00	27.90	90.55

February : Fallen leaves

Tab. 14 Analysis variance of N content in leaves (Ooba-Yashabushi)

	S.S.	N	S.S./N	F	P
Treatment	0.6693	2	0.3347	6.279	0.05—0.01
Block	0.0563	2	0.0282	—	
Month	5.9741	3	1.9914	37.362	<0.001
T.—B.	0.0926	4	0.0232	—	
T.—M.	2.2673	6	0.3779	7.090	0.01—0.001
B.—M.	0.8934	6	0.1489	2.793	0.20—0.05
T.—B.—M.(error)	0.6395	12	0.0533		
Total	10.5925	35			

Tab. 15 Test of significance of N content in leaves (Ooba-Yashabushi)

	NPK	PK	Cont.	Jul.	Sep.	Dec.	Feb.
NPK		—	++		+++	+++	+++
PK	—		+	+++		+	+++
Cont.	++	+		+++	+		++
Jul.							
Sep.							
Dec.							
Feb.							

+ Significance of 5% level, ++ 1% level, +++ 0.1% level

有することを示しているものと考えられる。月別にみると、7、9月の生育期には、施肥の影響が強く出ていて、施肥区の葉のN含有率が高く、これが生長の良否に大きく関与しているものと思われるが、生育後期には含有率は次第に低くなり、落葉では施肥区と無施肥区の差は認められなくなる。なお、幹、枝、根のN含有率は、葉とは反対に生育期間中は低く、生育休止期間中は高くなるようである。

総 括

本実験は、きわめてN含有率の低い新鮮な花崗岩風化土壌を用いて、三要素区とN欠区を作り、ヤマハンノキとオオバヤシヤブシについて施肥試験を行ない、施肥の効果をみようとしたものである。その結果、無施肥区は施肥区に比べて生長がきわめて悪く、肥料木といえども、このような瘠悪土壌においては施肥の必要があることが分った。その場合、NPKを施肥したのも、Nを含まずPKのみを施肥したのも、効果は変わらず、殆んど同様の生長増をみた。一般に、林木の生長に最も影響の大きい養分はNであり、このような試験では、N欠区は無施肥区と殆んど同じような生長状態を示すのが通例である。肥料木においても、生長に対するNの重要性は、一般林木と同様であろう。従って、本試験における上述のNPK施肥の効果は当然としても、PKのみの施肥で同様の効果をあげたことは、PK施肥により根粒の着生を促進し、そのN固定機能を増大させたためと考えるのが至当であろう。そこで、根粒の着生量を調べたところ、PK区がNPK区および無施肥区より明らかに多く、NPK区は無施肥区よりやや多いという結果が得られた。また、葉のN含有率も、施肥区は無施肥区に比べて明らかに高く、NPK区とPK区との間に差は認められない。これらのことは、上述の推論を裏付けるものと考えられる。すなわち、本試験の場合、新鮮な花崗岩風化土壌を用いたため、土壌中の根粒菌の存在が少なく、無施肥区においては十分な生育をとげることが出来なかったが、PKを施肥することにより、根粒の着生ならびにその機能が盛んとなり、Nの吸収が高まり、これが生長の増大となって現われたものであろう。このPK施肥の効果は、施肥1カ月後の7月にはまだ充分ではないが、NPK施肥の場合には、この段階ですでに地上部、特に葉重量の増大が明らかに認められ、N施肥の効果があったものと考えられる。しかしながら、その後はNPK区もPK区も変わらず、最終的にはほぼ同様の生長結果を示すに至ったことからみると、肥料木に対してはNの施肥は無用のように思える。また、根粒の着生量が、PK区よりNPK区の方が少ないことからみると、Nの施肥が却って根粒の着生を妨げているように思える。

根粒を有する肥料木に対する施肥は、その直接的効果よりも、根粒の着生を増大させ、そのN固定機能を充分に発揮させる方向に向けらるべきで、N施肥の直接的効果は初期以外はうすく、むしろ根粒の着生にはある程度逆効果があるようである。根粒の着生および機能増大に、PとKの何れが関与するものかは、本実験では明らかにされないが、既往の文献⁴⁾および筆者らの別に行なった研究結果²⁾からみると、KよりもPが大きく関与しているものと思われる。従って、施肥に当っては、Nの過用はむしろ危険と考えられるので、Nの施用はごく少量に止めるか、あるいは場合によっては施用せずに、PK特にPの施用に重点を置くべきであろう。

肥料木植栽の効果の一つとして、Nを多く含む落葉、落枝等による土壌Nの増大があげられるが³⁾、本実験によれば、葉のN含有率は、生育期間中は施肥区の方が無施肥区より高いが、生育後期には次第に低くなり、落葉では施肥区も無施肥区も変わらなくなる。換言すれば、生育の良否と関係なく落葉のN含有率は一定となる。また、幹枝のN含有率は、生育初期は施肥区の方が高い値を示すが、生育後期および生育休止期においては、無施肥区の方が却って高い値を示している。従って、落葉、落枝による土壌N増大の効果の大小は、N含有率の大小ではなく、落葉、落枝の量に大きく左右されるものと考えられる。試みに、生長のほぼ終了した11月の苗木の各部位の重量と、落葉後のN含有率を用いて、落葉時における苗木1本当たりのN含有量を推定してみると次のようになる。

Tab. 16 Estimation of N content of the seedlings when their leaves fall (g/1 seedling)

	Treatment	Leaves	Stem	Branch	Root	Total	$\frac{\text{Leaves}}{\text{Total}} \times 100$
Yamahannoki	NPK	0.61	0.35	0.16	0.19	1.30	46.9%
	PK	0.53	0.30	0.21	0.19	1.23	43.1
	Cont.	0.17	0.08	0.02	0.05	0.32	53.1
Ooba-Yashabushi	NPK	0.68	0.39	0.23	0.22	1.52	44.7
	PK	0.68	0.33	0.19	0.19	1.39	48.9
	Cont.	0.18	0.06	0.04	0.05	0.33	54.6

この場合、合計量は生育期間中の全吸収量、葉の含有量は落葉によって土壤に還元されるNの量とみることができ。両樹種とも、Nの吸収量および落葉による還元量は、NPK区もPK区も大差がなく、いずれも無施肥区に対して吸収量で4~5倍、還元量で3~4倍となっている。本試験の場合にはまだ落枝がないが、枝に含まれるNの量も無施肥区は僅かで、施肥区の1/5にすぎない。このように、PKの施肥のみでも、植栽当年から肥料木のN吸収および土壤への還元が高まることは、肥料木植栽の効果を十分に発揮させるために注目すべきことと思われる。

引用文献

- 1) 中島・辻田・中：肥料木の機能に関する研究（VII）. 日林関西講 23：158~160, 1972
- 2) 中島・辻田・前田：同上（IX）. 日林関西講 26：166~169, 1975
- 3) 植村誠次：肥料木の肥培効果について. 森林と肥培 17：2~5, 1961
- 4) 植村誠次：肥料木と根粒菌. 264 pp, 地球出版, 東京, 1964

1976年8月31日 受理