

林 業 の 部

カラマツ苗の栄養生理に関する研究 I 窒素供給量が苗の諸窒素化合物および 炭水化物の季節的消長に及ぼす 影響について

沖 永 哲 一⁽¹⁾

佐 々 木 茂⁽²⁾

高 木 勇 吉⁽³⁾

ま え が き

植物体では土壌から吸収された無機窒素が C—N 結合および peptidization される蛋白質の生合成と蛋白質の構成アミノ酸が transpeptidization および patternization される代謝回転 (metabolic turnover) とがそれぞれ相ともに流転し、諸窒素化合物は動的平衡状態にある。もちろん、窒素化合物の生合成には炭水化物が有機的な C—N 結合を行うために、他方それらの反応を行うために必要なエネルギーを供給するために関係する。この植物体における窒素平衡に炭水化物が密接な関係をもつて消長することはすでに YENN⁽¹⁾ が示したとおりである。また、この平衡は窒素あるいは加里の供給量⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾、植物体の水分状態⁽⁶⁾、その他の環境条件の変動に対し、きわめて鋭敏に感応して変化することが知られている。

これまで、高等植物の窒素代謝を解析する手段としては、短時間における組織の上述化合物の量的平衡の変化を追跡する方法が多く採られた⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。しかし、作物ではその発育過程における栄養成長から生殖成長への移行、種子の成熟など、成長・器官成形の段階により諸形態の窒素化合物および炭水化物の季節的消長に明瞭な遷移が起ることが明らかにされた⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。また、桑のごとき灌木にも、それらの消長が成長・器官成形の段階的に区別でき⁽¹²⁾、前者とともに栄養管理の観点から非常に有意義な示唆を与えている。

MOTHERS⁽⁶⁾ は蛋白質の季節的消長がタバコのような1年生の草本とライラックのごとき灌木とで異なることを示したが、造林木の種苗を対象とするこのような研究は MOTHERS⁽⁶⁾ が *Pinus* について行つた、発芽初期の窒素代謝における arginine の作用に関する基礎的研究の他は、須藤⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾ がスギ苗に対し窒素、磷酸および加里の3要素完全施用、またはそれらを単用した場合における苗の諸形態の窒素化合物および炭水化物の季節的消長の相異を明らかにしたものが見受けられる程度にすぎない。

筆者らは以上の観点から、カラマツ苗の栄養生理に関する研究の一環として、1952 年窒素の供給量に差を与えて、苗の諸窒素化合物と炭水化物の濃度、それらの含量を季節的に追跡し、施肥合理化のための基礎的な解明を行うこととした。

この研究にあたり御懇篤な御指導を賜わつた前分場長宮崎礪博士に深謝する。

(1) 元好摩分場土壌肥料研究室長 (現広島農業短期大学助教授) (2)(3) 好摩分場土壌肥料研究室員

実験方法および試料

好摩分場付近の比較的軽鬆な心土を、分場苗畑に埋設した縦・横・深さ各 1m の木枠の中に充填し、これに施肥後あらかじめ定温器を使用して催芽したカラマツの種子 25g を 1952 年 4 月 25 日播種した。この種子は、1951 年長野県浅間山麓から採取されたもので、松本営林署から分譲を受けた。

粘重心土はカラマツ苗の發育に不良なようであるが、使用した心土は粘土がわりあい少なく軽鬆で、これまでカラマツの發育を阻害することは少なかった。この心土はほとんど窒素をもたないため、その供給量の差が苗に及ぼす影響を追跡し、解析するためには好都合で、そのため發育に対するわずかな悪条件は無視してよいと考えた。

窒素の供給量は反当それぞれ 0.0 貫（無窒素区）・1.5 貫（少窒素区）・4.0 貫（中窒素区）・7.0 貫（多窒素区）の 4 種類とし、磷酸と加里は窒素の供給量の多少にかかわらず各区とも同一量のそれぞれ 3 貫と 2 貫とを与えた。この窒素供給量の差にもとづく 4 処理区はラテン方格に配置した。

各肥料成分は 2/3 量を基肥に、残りの 1/3 量を追肥として 6 月中旬に与えた。肥料には硫安・過磷酸石灰・硫酸加里をそれぞれ使用し、石灰は経験上苗の發育をおさえる傾向があつたので特に使用しなかつた。

苗の伸長成長は各枠から抽出した無作意標本 105 本を 7 月 20 日から 20 日ごとに測定したが、この本数は次式から求めた。

$$n \geq \frac{NC^2}{\frac{N\epsilon^2}{4} + C^2}$$

ここに 変化係数 (C)=0.285 誤差率 (ε)=0.05 信頼度=95.4%
とし、1 枠の成立本数を 500 本とすれば、

$$n \geq 104$$

となる。

分析用の試料は 6 月から 10 月まで 20 日ごとに各枠から 120 本ずつ抜きとり、これを水道水・蒸溜水の順で充分洗い、余分の水分は濾紙で拭い去り、地上・地下の両部にわけてそれぞれ生重量を秤つた。その後地上部は 70°C 20 分の加熱処理を行つて風乾にした。風乾量を秤つた苗は細粉にして分析に供した。

全窒素は検査の結果、硝酸態窒素が痕跡的なので試料 0.1g を MICRO-KJELDAHL 法¹⁵⁾で定量した。

蛋白態窒素は試料 0.5~0.2g を KEYSNER and TAUBÄCK の方法¹⁵⁾にしたがい熱水により抽出し、10% トリクロール醋酸液を用いて抽出液中の蛋白質を沈澱させ、可溶性窒素をブフネル漏斗にて分別・濾過し、充分洗滌した残渣を MICRO-KJELDAHL 法で定量した。

可溶性窒素・アンモニヤ態窒素・アミド態窒素はそれぞれ蛋白態窒素の時の濾液一定量について KEYSNER and TAUBÄCK の方法により定量した。

残余窒素（主成分はアミノ酸窒素）は可溶性窒素からアンモニヤ態・アミド態両窒素量を差し引いた値として計算により求めた。

還元糖は試料 0.5~1.0g をはじめ共栓フラスコで、つぎにソツクスレー装置により 80% アルコールで抽出した後、アルコールは 30°C で減圧のもとに除いた。残渣を水にとかして 50 ml にした糖液の一定量を塩基性醋酸鉛で透明にし、その過剰を除いた後 HAGEDORN and JENSEN の方法¹⁶⁾により定量した。

非還元糖はさきの糖液の一定量を濃塩酸を加えて、70°C で加水分解し、これを中和してえた加水分解

糖液について上法により定量した値からさきの還元糖値を減じて求めた。

粗澱粉(デキストリンを含む)はソックスレー装置でアルコール抽出を終った残渣に濃塩酸を加えて3時間水浴上で加水分解した後、中和してえた加水分解糖液を除蛋白後、上述の方法で定量した。

実験の結果

第1表に示すごとく無窒素区では11月の最終伸長成長量は6月に比べほとんど増加が認められない。少窒素区では窒素の摂取が可能な7月まで順調に増加するが、その後はほとんど伸長しない。このように伸長する期間が比較的短かいので最終伸長量は無窒素区に準じ不良である。これらと反対に、多窒素区は9月中旬まで伸長を続け、中窒素区もまた、はじめ多窒素区と同程度に伸長するが8月以降衰え、最終伸長量は多窒素区に劣る。このように窒素供給量が少ないほど、発育途中で早く伸長成長の衰弱と停止とが起るが、反対に発育の初期はそれが比較的良好である。

他方、風乾量については第2表に示すごとく、無窒素区を除く3区は最終測定時まで絶えずその増加が認められ、最後における値は多・中・少各窒素区の順序となる。無窒素区では、伸長成長の場合とひとしく、最終測定時の風乾量は発芽間もない時期に比べ5% pointの有意差が認められない。

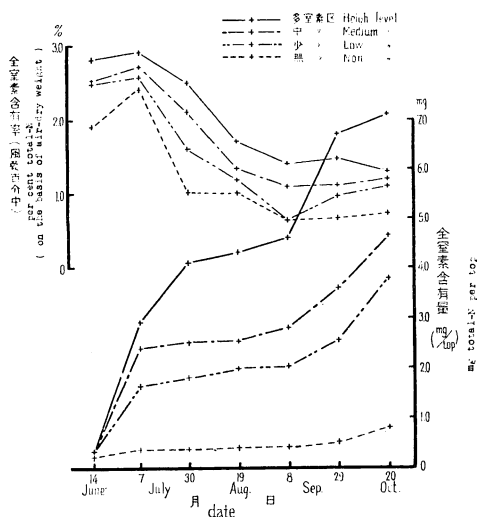
第1表 各処理区における苗の地上部の伸長成長の季節的消長
Table 1. Effect of different N-levels supplied on the top length of
Larix seedlings at different times of growth.

測定月日 Date of determination	多窒素区 High-N	中窒素区 Medium-N	少窒素区 Low-N	無窒素区 Non-N
	cm	cm	cm	cm
July 20	4.4	3.9	3.6	2.0
Aug. 9	5.8	5.6	4.5	2.2
29	7.1	6.4	5.3	2.6
Sep. 18	9.0	7.5	5.5	3.1
Oct. 10	9.9	7.8	6.0	3.7
Nov. 8	10.4	8.0	6.3	3.8

Note: Nitrogen given in $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

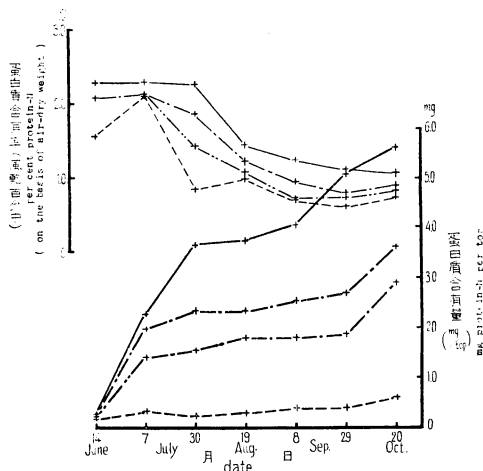
第2表 各処理区における風乾量の季節的消長
Table 2. Effect of different N-levels supplied on the air-dry weight of
Larix seedlings at different times of growth

採取月日 Date of sampling	多窒素区 High-N	中窒素区 Medium-N	少窒素区 Low-N	無窒素区 Non-N
	g	g	g	g
June 14	0.012	0.012	0.011	0.010
July 7	0.100	0.082	0.066	0.020
30	0.173	0.119	0.109	0.027
Aug. 19	0.257	0.190	0.167	0.030
Sep. 8	0.325	0.265	0.250	0.053
29	0.450	0.335	0.265	0.063
Oct. 20	0.530	0.407	0.350	0.085



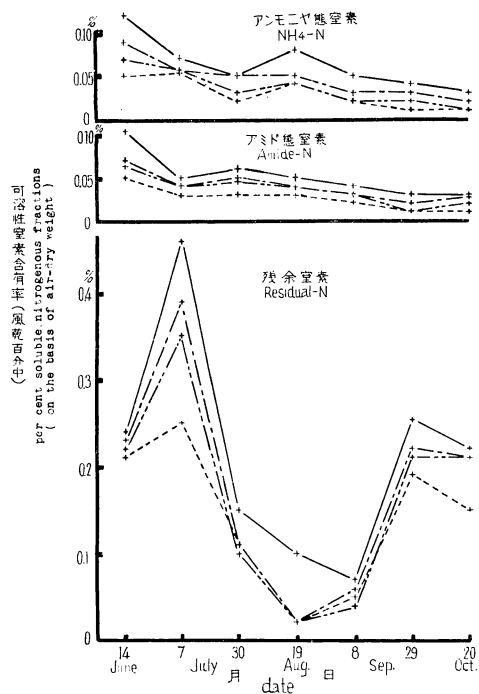
第1図 各処理区における苗の全窒素含有率および含量の季節的变化

Fig. 1 Seasonal changes in total-N of *Larix* seedlings grown under different N-levels



第2図 各処理区における苗の蛋白質窒素含有率および含量の季節的变化

Fig. 2 Seasonal changes in protein-N of *Larix* seedlings grown under different N-levels



第3図 各処理区における苗の可溶性窒素含有率の季節的变化

Fig. 3 Seasonal changes in soluble nitrogenous fractions of *Larix* seedlings grown under different N-levels

以上、伸長成長と風乾量をもつて示す生育は窒素の供給量に平行するが、この多窒素区は使用した土壌の特殊性のためか、成長阻害をもたらすほど窒素が多量でなく、むしろより良い苗とするためにはまだ窒素が不足か、または供給の方法を再考慮しなければならないと考えられる。

7月以降における各区のカラマツ苗の伸長量・風乾量の差はラテン方格の計画にもとづいた検定によりいずれも 5% point で有意である。

全窒素と蛋白態窒素の濃度の季節的消長を示す曲線は第1～2図に示すように相似している。

しかるに、第3図に示すごとく可溶性窒素のアンモニア態、アミド態および残余各窒素分層(fraction)の濃度曲線は各分層相互はもちろん、全窒素・蛋白態窒素のそれらとも著しく異なる。このように諸窒素化合物の濃度はそれぞれ個有な季節的消長を示すが、窒素の供給量の差による曲線の変動は著しくない。

諸窒素化合物の濃度は6月の発芽間もない時期はさておき窒素の供給量が多いものほど高濃度を

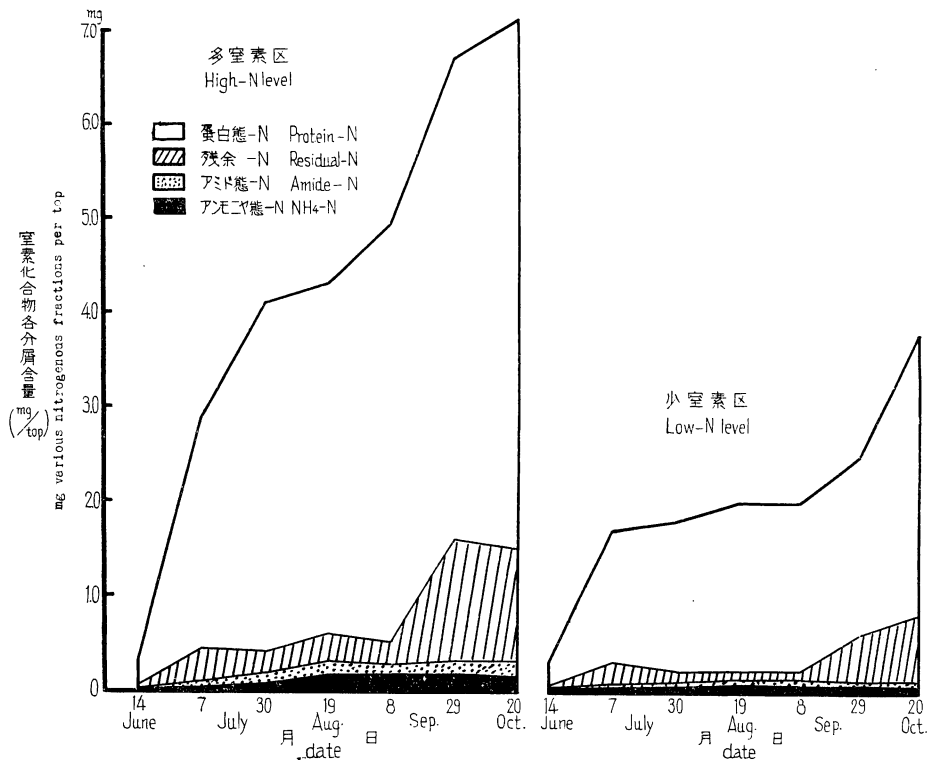
示す³⁾。

全窒素と蛋白態窒素の濃度の季節的消長ではいずれも 6 月かなり高濃度であるが 7 月にはさらに増して最高値を示す。しかし、その後は徐々に低下して 9 月にいたりほぼ恒濃度となる。これは区による多少の変動が認められ、ことに無窒素区の両態窒素は 6 月から 7 月にかけての急激な上昇と 7 月下旬の急速な低下とにより他の場合と異なる。また、無窒素区の蛋白態窒素は 8 月 13 日わずかながら濃度が上り、多窒素区のそれは 6 月 14 日、7 月 7 日および同 30 日の値がそれぞれ近似値を示している。

各可溶性窒素の濃度の季節的消長においてアンモニヤ態窒素・アミド態窒素はともに残余窒素に比べ狭い振幅と低濃度とを示し、アンモニヤ態窒素は 0.12~0.10%，アミド態窒素は 0.10~0.01% を、しかるに残余窒素は 0.45~0.03% をそれぞれ変動する。したがって、可溶性窒素の季節的消長はアミノ酸を主体とする残余窒素のそれに準ずる。

アンモニヤ態窒素は 6 月に最大濃度を示し、7 月に低下するが 8 月にはわずかに上昇する。その後は 10 月の最低値まで漸次低下する。そうして少窒素区と無窒素区の両曲線は接近し、処理による曲線の変動が少ない。

アミド態窒素は 6 月に最大値を示し、7 月のはじめ低くなるが、同月の終りにはふたたび高まる。その後 9 月末まで徐々に低下し、10 月一定値になるか、またはわずかに上る。濃度の絶対値は窒素の供給量に平行するが³⁾、中窒素区と少窒素区の両曲線は近接し、その他処理による曲線の経過にはほとんど変化が存

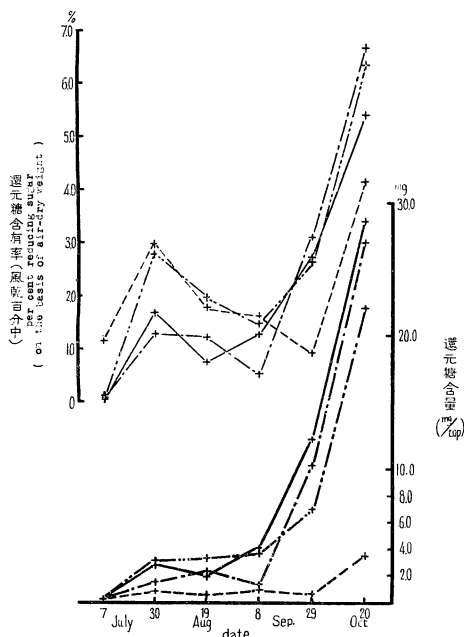


第 4 図 多窒素区と少窒素区における苗の窒素化合物各分層の含量の季節的变化
Fig. 4 Amounts of various nitrogenous fractions at different times of growth of *Larix* seedlings grown under high- and low-N level

在しない。

残余窒素の6月の濃度はがいして高く、ついで7月はじめさらに濃度を増して最大値となるが、その後急激な減少が起る。8月中旬多窒素区を除く3区は等しく最小値を示し、つづいて9月はじめまでわずかに増加する。ところが多窒素区ではこの時最小値となる。各区とも9月末には相当濃度を増して第2のpeakを作り6月の値と大略等しい。しかし、10月にはいくぶん低下する。このようにV字形の季節的消長を示すが、各時期における各区の濃度は7月30日から9月8日までの無窒素区の値を除き窒素の供給量に平行する³⁾。

苗木の発育が比較的に良好な多窒素区と不良な少窒素区の苗それぞれ1本当りの各窒素化合物の含量の季節的な経過を第4図に示す。両区を比較すると各時期の絶対値に著しい差が存在するばかりでなく、曲線の形も違っている。発芽まもない6月中旬は窒素の供給量の多少に関係なく、両方とも大略似て低含量である。しかし、その後7月はじめまでに吸収された窒素、または合成された蛋白質の量は他期間における増加に比べ特に大きく最大である。また残余窒素も9月の最大増大期について大きい。この時期は蛋白態窒素量ばかりでなく、伸長成長・風乾量も著しく増大する。多窒素区では7月下旬まで、前期ほど旺んではないが、なお相当量の窒素摂取と蛋白質の合成が行われるのに反し、少窒素区ではそれらが顕著に弱まる。7月末から9月上旬の盛夏期、多窒素区では伸長成長は衰えるが、なおかなりの蛋白質の合成と風乾量の増加とが認められる。しかるに、少窒素区では蛋白質の合成が著しく少ない。なおこの期間は残余窒素量も減少し、凹形曲線を示す。

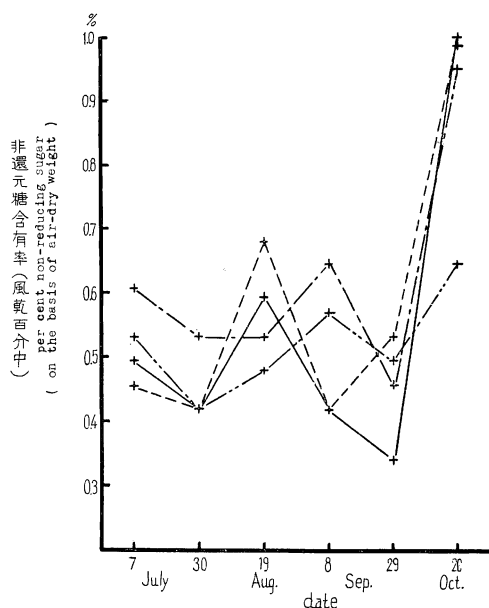


第5図 各処理区における苗の還元糖含有率
および同量の季節的变化

Fig. 5 Seasonal changes in reducing sugar of the tops of *Larix* seedlings grown under different N-levels

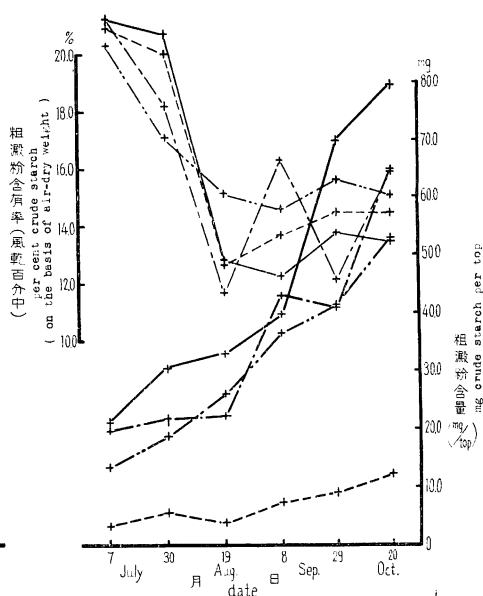
7月末以降9月まで、多窒素区に大きく、少窒素区に小さいけれども、アンモニア態窒素の顕著な集積が目立ち、蛋白質の合成に不良な条件下にあることを示す¹⁾。9月8日以後秋期の良い気象条件のもとで、ふたたび旺んな窒素の吸収と蛋白質の合成とが行われ、残余窒素の著大な増量が認められる。この時期における伸長成長はきわめて微弱であるが、風乾量は増加し、落葉前の充実期にあたると考えられる。

炭水化物の中の還元糖の濃度とその含量の季節的消長を第5図に示す。7月7日比較的高濃度にある無窒素区以外の3区では還元糖濃度がきわめて低く、最小値を示す。しかし、その後濃度は急速に高まり7月30日第1のpeakを作る。この時期から9月8日まで少窒素区と無窒素区および多窒素区と中窒素区の経過はそれぞれ類似し、前群は後群より高濃度である。7月30日から4区とも濃度は低くなるが、その後ふたたび高くなる。この濃度の低下から上昇への切換えは8月19日の多窒素区にはじまり、



第6図 各処理区における苗の非還元糖含有率の季節的变化

Fig. 6 Seasonal changes in non-reducing sugar of the tops of *Larix* seedlings grown under different N-levels.



第7図 各処理区における苗の粗澱粉含有率および同量の季節的变化

Fig. 7 Seasonal changes in crude starch of the tops of *Larix* seedlings grown under different N-levels.

中窒素区・少窒素区を経て9月29日の無窒素に終るまで、遷移の順序は窒素の供給量の多少にしたがう。このように、成長の後期には還元糖の濃度が著しく増加する。そうして、10月には中・少・多・無各窒素区の順で各区はそれぞれ最大値を示す。還元糖濃度は窒素の供給量に平行しないが、初期は窒素不足の区ほど高濃度である。しかし、各区におけるその季節的経過は大体近似した週期を示す¹³⁾。

非還元糖濃度の季節的消長は第6図に示すとおりである。図に見られるごとく濃度曲線は4区とも非常に不規則で、窒素の供給と無関係であるように思われ、振幅も他の炭水化物に比べきわめて狭く、かつ絶対値も著しく低い。しかし、9月末には還元糖のごとく濃度の急激な上昇が認められる。

粗澱粉の濃度は第7図に示すごとく、上述の両炭水化物に比べ著しく高く、全炭水化物の大部分を占める。したがって、季節的消長の振幅もかなり大きい。各区とも7月7日から同30日までの濃度は高いが、その後8月18日まで膜壁物質等の乾物の増量による希釈か、または加水分解により急速に低下する。無窒素区と少窒素区は9月8日にそれぞれ最小値を示す。そうして発育の後期濃度がわずかながら増加する。しかし、中窒素区のみは8月18日から10月20日まで増減の波をくり返し、特異な経過をたどる。各区の粗澱粉の濃度も他の炭水化物と等しく窒素の供給量に平行しない。

還元糖の含量は第5図に示すごとく、7月7日には4区間に差が存在しない。しかし、同30日には少・多・中・無各窒素区の順序でかなり増加する。その後9月8日まで最小値の無窒素区と最大値の小窒素区では変化がないが、多窒素区と中窒素区は前両区の値の間をわずかに変動する。しかるに9月18日以降多・中・少各窒素区はこの順序で4.5~13倍に増加する。他方、無窒素区では約2倍しか増加しない。

粗澱粉の含量は多窒素区ではたえず増大し、各時期の量も最大である。7月30日~8月18日の期間の増量は他の時期に比べ弱い、9月8日~30日の期間の合成はきわめて旺盛である。しかし、少窒素ではこ

の期間の合成は比較的に弱く、7月30日～9月8日の期間、または9月30日以降が旺んである。無窒素区は7月30日～8月18日の期間一時的に減少したほか、きわめてわずかず増加するが、他区に比べ著しく低い。中窒素区のみは濃度曲線と同じく特異な経過をたどり同化による増加と加水分解による減少の波が認められる。このように粗濃粉は発育期間中たえず増加する傾向にあるが、還元糖は発育後期まであまり増加せず、その後急速な増加を示して、両者は著しく異なる経過をたどる。

考 察

GREGORY and SEN²⁾ によれば大麦に窒素を充分に与えた区は欠乏させた区よりも葉における蛋白質・アミノ酸窒素・還元糖・全糖の濃度が本結果と同様著しく高かった。そうして、窒素が充分与えられた区の第3葉から第10葉までの各葉における蛋白態窒素の濃度は第3葉から4・5・6葉と上昇して、第6葉で最大値となり、その後は進行的に第10葉まで低下することを示した。これに反し、窒素が欠乏した区では、すでに前者よりも濃度が低い第3葉から第10葉まで迅速に低下した。また両区のアミノ酸濃度の曲線もそれぞれ蛋白質の場合と大略似ていた。さらに還元糖・全糖においても、もちろん曲線の形は異なつたけれども、それぞれ両区の葉の濃度の消長は窒素化合物の場合と同様に異なり、特に後者で著しかった。もし上述したような第3葉から第10葉までの蛋白質・その他の化合物の濃度の消長が、ある程度大麦の葉の発育過程におけるそれらの消長を表わすと見なせば、窒素が充分に与えられた区と欠乏させた区の葉で上述化合物のいずれにも著しく異なつた消長が認められた GREGORY and SEN の結果は、カラマツ苗の発育過程においていずれも両区で大略似た消長(季節的な消長)を示す本結果と著しく異なるように思われる。

窒素化合物と炭水化物の季節的消長において藤原および共同者¹⁾および石塚・田中¹¹⁾は水稻で茎葉における可溶性窒素の増加と旺んに蛋白質の貯蔵が行われる窒素同化期から、開花後の蛋白質の加水分解期と炭水化物の集積期への移行が起ることを認めた。また MOTIES¹²⁾ はタバコの若い葉の蛋白質濃度が、石塚・田中¹¹⁾は水稻の同含量が夏季の開花期に低下し、後でふたたび上昇することを示した。しかし、カラマツ苗には諸窒素化合物と炭水化物の季節的消長に藤原らが水稻で認めたような両化合物の集積における対照的な移行がみられないばかりか、タバコの葉の蛋白質濃度または水稻のその量の夏季の開花期における一時的な低下とその後の再上昇のごとき曲線的变化も認められない。ところが MOTIES はタバコの開花および子実形成を妨げたとき、上述したような開花にともなう蛋白質濃度の葉における変動が起らないで、カラマツ苗と同様な経過を示すことを実証した。したがって、この相異はカラマツ苗の発育経過に開花現象が介在しなかつたことに帰せられるようである。ただカラマツ苗の発育中には蛋白質が充満する幼細胞の集塊である腋芽、頂芽の形成が行われるけれども、この成形成自体は他の開花現象のように苗の蛋白質代謝に顕著な変動をもたらさないようである。

潮田¹³⁾は桑について萌芽後の成長を施肥しても蛋白質量の変化が少なく、可溶性窒素、なかんずくアンモニヤ態窒素が多い展開期と乾物量が旺んに増加する同化期ならびに落葉前の貯蔵期の3期に分け、また玉手¹⁷⁾はカラマツ苗の発育を伸長成長を尺度として5月中旬の発芽期、6月初旬までの発芽による成長期、7月から8月の夏季発展期、8月から9月上・中旬の夏季沈衰期、10月上旬までの秋期発展期および11月中旬の成長休止期に区分したが、さらに本実験の諸窒素化合物と炭水化物の季節的消長から次のごとく分けうると考えられる。

第1期：発芽から6月末までの主として種子の貯蔵物質による成長期。6月14日における各区の風乾量

は大略等しく、しかもきわめて小さい。他方苗の窒素化合物の含量も処理間の差は小さい。したがって、この時期における諸窒素化合物の生成は吸収した無機窒素をもとにした生合成によることは少なく、主として分裂組織部のアミノ酸プールにおける種子の貯蔵物質の加水分解物の peptidization, transpeptidization および patternization などの回転によると考えられる。

第2期：7月の成長・蛋白質合成・光合成の旺盛な同化期（対数期）。7月7日蛋白態ならびに残余窒素は成長期中の最大値を、アミド態窒素は濃度低下の谷に、またアンモニヤ態窒素も低下途上にある。このような窒素化合物間相互の平衡状態は蛋白質がアンモニヤからアミド・アミノ酸を経て旺んに生合成されていることを示し、他方風乾量の増分もかなり大きい。したがって、この期は前期のように細胞の分裂による新生が細胞の伸長成長よりも優位な時期ではなく、伸長成長と細胞の新生が平行してかなり旺んに行われる時期であることは FREY-WYSSLING and BLANK¹⁴⁾ が細胞の伸長するときかなり蛋白質の合成が行われ、はじめの約 10 倍に増加すると述べた点からも考えられる。また炭水化物についても粗澱粉は最大濃度を、還元糖は最小濃度をそれぞれ示す時期に当り、後者が旺んに蛋白質の合成系にはいついるときと考えられる。さらに7月30日における風乾量、伸長成長量、窒素化合物および炭水化物の平衡関係から、上旬と等しく、かなりの蛋白質の合成と光合成が行われている。したがって、7月における土壌窒素の利用いかんはこの成分が制限因子として働く範囲内でカラマツ苗の发育の良否を支配すると見なされ、それゆえに、第1期は窒素同化の誘導期的な意味を有し、それ以前を含めて第2期のはじめまでの窒素の供給が苗の发育上非常に大切であることを示す。

第3期：8～9月上旬の期間の同化減衰期。8～9月上旬の期間は蛋白質の合成は弱まり、アンモニヤの集積および粗澱粉の加水分解による濃度の急激な低下が顕著である。また、伸長成長・風乾量の増加も少ない。

第4期：9月中旬以降における貯蔵物質の移動・集積期。9月中旬以降は伸長成長は停止するが風乾量は増加し、蛋白質濃度は恒量に、粗澱粉はわずかながら増えて充実期にあたるとともに、可溶性の窒素化合物、特に残余窒素・可溶性炭水化物の濃度が著しく増大する。すなわち、黄葉・落葉前の有機物の転移・集積期に相当し、水稻のごとき子実形成植物と著しく異なる。

摘 要

1. カラマツ当年生苗の发育に伴う諸形態の窒素化合物と炭水化物の季節的消長を窒素の供給量に差を与えて比較研究した。
2. 伸長量および風乾量でもつて表わされる苗の发育は窒素の多いものほど良好で、使用土壌（心土）の特殊性のためか多窒素施用による徒長的虚弱性、もしくは成長阻害現象は起らない。
3. 蛋白態・アンモニヤ態・アミド態・残余（アミノ酸態）の各窒素化合物の濃度と還元糖・粗澱粉の両炭水化物の濃度の季節的消長は窒素の供給量の多少、欠如により大きい変化はなくそれぞれの化合物に個有な経過を示す。
4. 各時期における各窒素化合物の濃度は供給した窒素量に平行するが、炭水化物のそれは平行しない。
5. 苗の蛋白質合成力は窒素の供給量に比例し、窒素を欠いた場合は发育の初期と後期における量にほとんど差がない。
6. 发育の後期、9月以降残余窒素および可溶性炭水化物の濃度の著大な増加が起る。
7. 窒素化合物・炭水化物の季節的消長と苗の发育からカラマツ苗の发育段階を次の4期に大別し、窒

素供給の時期を考察した。

発芽から6月末までの貯蔵物質による成長期, 7月の成長・蛋白質合成・光合成の旺んな同化期, 8~9月上旬の同化減衰期, 9月中旬以降の貯蔵物質の移動・集積期。

文 献

- 1) YENN, E. W.: Proc. Roy. Soc., London, B, 117, (1935) p. 483, p. 504; 123, (1937) p. 243
- 2) GREGORY, F. G., and P. K. SEN: Ann. Botany, 1 (N. S.), (1937) p. 521
- 3) SIDENTS, C. P. and H. Y. YOUNG: Plant physiol., 22, (1947) p. 97
- 4) ———, ———, and H. H. OCHUM: ibid., 22, (1947) p. 127
- 5) WALL, M. E.: Soil Sci., 47, (1939) p. 143
- 6) MOTHES, K.: Planta, 12, (1931) p. 686
- 7) — : ibid., 7, (1929) p. 585
- 8) — : ibid., 19, (1933) p. 117
- 9) WOOD, J. G., D. H. CRUTCHSHANK and R. H. KUCKEL: Australian J. Exptl. Biol. Med. Sci., 21, (1943) p. 37; 22, (1944) p. 111
- 10) 藤原・大平・大槻・成田: 日土肥, 22, (1951) p. 27, p. 91
- 11) 石塚・田中: 同上誌, 23, (1953) p. 159
- 12) 潮田: 同上誌, 16, (1942) p. 246
- 13) 須藤: 日林会誌, 35, (1953) p. 215
- 14) — : 日林会東北支部第5回講演集, (1954) p. 1
- 15) KEYSNER and TAUBAECK: c. f. KLEIN: Handbuch der Pflanzenanalyse, (1935) p. 1345
- 16) HAGEDORN, H. G. and B. N. JENSEN: Biochem. Zeits., 135, (1923) p. 46
- 17) 玉手: 森林治水気象集報, 11, (1931) p. 1
- 18) Frey-Wyssling, A. and F. Blank: Nature, 145, (1940) p. 974

Physiological Studies on the Nitrogen Nutrition of *Larix Kaempferi* SARGENT Seedlings. I. Effects of fertilized nitrogen levels on the seasonal changes in contents of various nitrogenous and carbohydrate fractions in one-year old *Larix* seedlings.

Tetsukazu OKINAGA, Shigeru SASAKI and Yûkichi TAKAGI

(Résumé)

1. *Larix* seeds were sown and allowed to grow in the soils fertilized with four different amounts of nitrogen, namely, 265 kg, 150 kg, 55 kg, and 0 kg per hectare, respectively, and with equal amounts of other fertilizers. The seedlings were harvested at intervals of 20 days for the analysis of total-N, protein-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, residual-N, amide-N, reducing sugar, non-reducing sugar and crude starch.

2. The growths of seedlings run parallel with the amounts of nitrogen furnished, and even in the case of the highest dose of nitrogen, show no symptoms of unhealthy elongation or inhibited growth.

3. The seasonal changes in contents of the above mentioned various compounds in the seedlings reveal a trend peculiar to each compound except for non-reducing sugar, and they are only slightly affected by levels of nitrogen supplied.

4. The contents of various nitrogen compounds at every stage of growth run parallel with nitrogen levels applied, although such a relation is not found in the case of carbohydrates.

5. Moreover, the rate of protein synthesis is greater in higher levels of applied nitrogen; without nitrogen supply, the synthesis is but slight.

6. In the middle of September, previous to the time at which the leaves turn from green to the autumnal yellow in color, and after, amounts of both residual-N and soluble carbohydrates considerably increase in the seedlings. This appears to mean a movement of the soluble substances out of the leaves for the accumulation of reserve materials.

7. The present results suggest that the development of *Larix* seedlings may be divided into the following four stages: (1) stage of the growth at the expense of hydrolyzed reserves in the seed (from the time of germination to the end of June); (2) stage of vigorous growth due to active protein synthesis and photosynthesis in July; (3) stage of reduced growth due to declination in assimilation of nitrogen and carbon (from August to the middle of September); (4) stage of the translocation and the accumulation of reserve materials (after the middle of September).