

異なる施肥量で栽培した桑葉の蚕児誘引性におよぼす影響

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	くわ田, 光雄 堀江, 武
巻/号	71巻2号
掲載ページ	p. 75-81
発行年月	2002年8月

異なる施肥量で栽培した桑葉の蚕児誘引性におよぼす影響

栗田 光雄・堀江 武

京都大学大学院農学研究科

(2001年12月17日受付; 2002年5月24日受理)

MITSUO KUWADA and TAKESHI HORIE: Effects on silkworm larvae attractiveness of mulberry leaves grown at different fertilizer application rates

The objectives of this paper were to clarify the effects of chemical fertilizer application rates on mulberry leaves' attractiveness to silkworm larvae and to identify substances associated with this attractiveness. In the first experiment, mulberry (cv. Kairyonezumigaeshi) leaves from fertilized (30, 20, and 20 kg/10a in N, P₂O₅ and K₂O, respectively) and unfertilized for more than 3 years were oppositely placed at a 20 cm distance, and in between them 6 silkworm larvae of the 3rd to 5th instars were released to observe to which leaves they were attracted. The experiments were repeated for more than 2 times for each spring and late-autumn seasons for two years. The unfertilized leaves attracted more silkworm than the fertilized leaves by 6.6 and 52 times in the spring and late-autumn seasons, respectively. In the second experiment, silkworm attracting tests similar to that of the first experiment were conducted for the leaves from pot-grown mulberries with no chemical fertilizer (NF), no nitrogen (N0), standard nitrogen (N2; 2.0 g N/pot) and half the standard nitrogen (N1) applications at 2 g K₂O and 1.5 g P₂O₅ per pot applications. The percentage of silkworm larvae attracted to NF, N0, N1, N2 leaves were 63, 24, 7 and 7%, respectively. The measurements of leaves by the GC/MS method indicated that the NF, N0 and N1 leaves contained phenethyl alcohol by 9, 4 and 2 times more than the N2 leaves, respectively, which agreed with the silkworm's attractiveness. The above results suggest that leaves from unfertilized and no N application mulberry plants are more favored by silkworm larvae, and that phenethyl alcohol is a possible attractant to respond to fertilizer application rates. *Department of Crop Science, Graduate School of Agriculture, Kyoto University, Kitashirakawa Oiwake-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502 Japan*

Key words: silkworm, unfertilized cultivation, attractive ability

肥料, 特に窒素は葉面積の拡大と光合成速度の増大を通じて植物の成長を促進する。そのため, 多収を目指す作物栽培では多窒素施用になってきており, 桑でも同様な傾向が認められる。最近, 環境や人間の健康の面から, 作物の多肥栽培は反省期を迎えており, 無肥料栽培あるいは有機栽培の研究が活発になってきている。このような現状から, 施肥量が桑の収量性, 蚕児誘引性, 健康性および繭の品質におよぼす影響を総合的に明らかにすることが重要になってきている。施肥量と蚕児の健康性および繭の品質については平塚 (1926), 石田 (1949), 地引 (1950), 太田ら (1961), 清水ら (1966), 高岸ら (1985) などの研究があるが, 長期にわたる無施肥栽培から化学肥料の多用にいたるさまざまな施肥条件のもとで生産された桑葉が蚕児の嗜好性, 健康および繭の品

質におよぼす影響についての知見は極めて乏しい。

蚕児は, 好ましい匂いを識別し, それに誘引され, 嚙咬し, 嚙下することがわかっている。蚕児が桑葉に誘引され, 桑葉を嚙咬し, 嚙下する因子については, Watanabe (1958), Hamamura *et al.* (1961), 南澤 (1984) など数多くの報告があり, それらは蚕の生態の解明や人工飼料への応用などに生かされている。しかしながら, 施肥量を異にして栽培した桑葉への誘引程度の違いについての報告は見られない。

本試験は, 長期にわたり無施肥および化学肥料施用栽培を継続してきた桑園について, 桑葉の収量の長期動態, 蚕児の誘引性と健康性, および繭の品質への影響を全体として明らかにしようとする研究の一環として行なわれたものである。本報告では, 無肥料も含め, 異なる窒素施肥法を用いて栽培した桑葉が蚕児誘引性におよぼす影響, およびそれに関与すると考えられる誘引物質の一部についての実験から得られたいくつかの結果について述べる。

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
本研究の一部は日本蚕糸学会第 63 回学術講演会で発表した。

材料と方法

実験は、1987年、88年、92年の3年にわたって行なった。このうち1987と88年は同一桑園からの桑葉を用いて、同様な方法で誘引試験を行なった。1992年は異なる窒素施肥量のもとでポット栽培した桑葉を用いて誘引試験および誘引に関与すると考えられている桑葉の揮発性成分の測定を行なった。各年度の供試桑葉、供試した蚕児の育成方法および誘引試験の方法ならびに桑葉の揮発性成分の測定方法は以下のとおりである。

1987, 1988年度の実験

実験に供試した桑葉は、長野県松本市中山に1955年頃植付けられた桑樹（品種：改良鼠返）から採取したものである。桑樹は畝間120cm、株間80cmの三拳根刈仕立であった。試験区は、1984年より無施肥無農薬栽培している無施肥区と、それと隣接しスチロール製の波板を50cmの深さまで埋めて区分した施肥区であった。施肥区には年間10a当りN30kg、 P_2O_5 20kg、 K_2O 20kgを化学肥料で2回に分けて施肥した。供試桑葉は熟度をそろえるため最大光葉を用いた。また供試桑葉は、揮発をできるだけ少なくするように採桑後から試験時まで密封保存し、採桑後1時間以内に供試した。

誘引試験に供試した蚕は、春蚕期は朝・日×東・海、晩秋蚕期は芙・蓉×東・海である。蚕児は掃立から実験時までの期間、無施肥区および施肥区の桑葉でそれぞれ育てたものである。87年晩秋蚕期には3、4、5齢脱皮後2日目の蚕児を、88年春および晩秋蚕期には4、5齢脱皮後5日目の蚕児を供試した。なお脱皮後も蚕児にはそれぞれの区の桑葉を与え、試験開始30分前から絶食状態にした。

誘引試験は、Fig. 1に示したように、小泉ら(1963)を参考に、施肥区と無施肥区の桑葉を、互いに葉の中心部を20cm離して3枚ずつ重ねて置き、その中間に蚕児を置いて、20分後にいずれの桑葉に誘引されるかを観察して行なった。試験は、一回につき6頭を、毎回異なった蚕児を用いて、飼育桑葉ごとに2反復で行なった。なお反復のたびに左右の桑葉の種類を替え、また蚕児の走光性を要因から除くため暗状態で行なった。

得られたデータの解析は、試験終了時にいた蚕児の位置（施肥区または無施肥区の桑葉およびその中間）ごとの頭数について、両年度をこみにして、蚕期、齢期、飼育桑葉を各因子として分散分析を行な

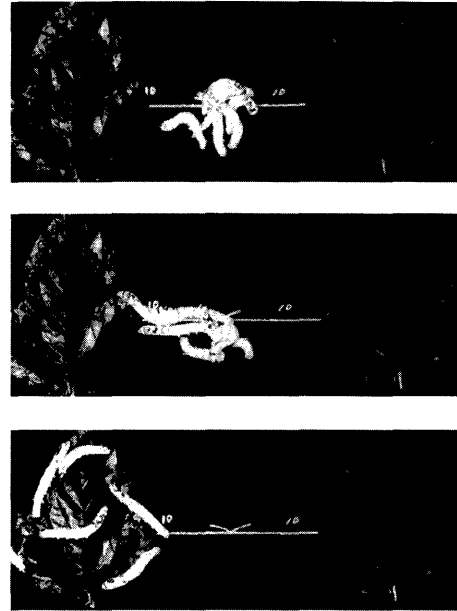


Fig. 1. Attractiveness test with two differently treated leaves. Top: Unfertilized leaves are on the left, fertilized leaves on the right, and silkworms placed in the middle. The distance between silkworms and each pile of leaves is 10 cm. Middle: 5 min later. Bottom: 20 min later. All silkworms reached their destination.

い、そこで差の認められなかった年度、齢期、飼育桑葉をこみにして、ダンカンの新多重範囲検定(DMRT)で行なった。

1992年の実験

供試桑葉は、埴土(17年間無施肥)と砂を混合(1:1)した土壌12kgを填めた径40cmのプラスチック製の鉢に、1年生挿木苗(品種：一ノ瀬)を1990年に1本植えし、1条仕立とした桑樹から採取した。試験区は鉢当りN2.0g、 P_2O_5 1.5g、 K_2O 2.0gを基本区(N2区)とし、N半量区(N1区)、無N区(N0区)および無施肥区(NF区)の計4区を、それぞれ16鉢設けた。供試桑葉には1987年、88年と同じく最大光葉を用い、採桑後から試験時まで密封保存し、採桑後1時間以内に試験を行なった。

供試蚕は朝・日×東・海で、5齢脱皮後2日目の蚕児を用い、掃立から実験時まで無施肥区(NF区)および基本施肥区(N2区)の桑葉でそれぞれ育てた。

誘引試験での蚕児の行動観察は2つの方法で行なった。1つは87年、88年と同様に、施肥量の異なる2区の桑葉を互いに20cm離して3枚ずつ置き、

その中間に蚕児をおき、20分後にいずれに誘引されるかを観察した。4区から2区を選ぶ全ての組み合わせ（6通り）についてこの比較試験を行なった。試験は、1つの組合せにつき5頭を用い、毎回異なった蚕児を用いて、飼育桑葉ごとにそれぞれ2反復で行なった。他の1つの方法は、Fig.2に示したように、2cm角に切った4種類の供試葉各5枚を重ねて半径5cmの円周上に中心角45°で並べ、その円の中心に1頭の蚕児を置き、いずれの区の桑葉に移動するかを観察した。その際、円形に並べる各区の順序は両隣の桑葉の組み合わせを全て網羅するようにN2-N1-N0-NF、N2-N1-NF-N0およびN2-N0-N1-NFの3通りとし、180°離れた場所には常に同じ区の桑葉が置かれるように2反復して配置した。観察は、飼育桑葉ごとにそれぞれの配置について15回ずつ、毎回新しい蚕児を供試して、合計で90回行なった。また実験開始時の蚕児の向きはランダムに変えた。この試験も暗状態で行なった。

得られた実験データは次のように解析した。すなわち、2区間の比較試験では、6通りの組み合わせの結果をまとめ、それぞれの桑葉に誘引された蚕児の頭数を6反復として処理し、分散分析およびDMRTによって各処理葉間の誘引頭数の差異を検定した。円周上に4区間の桑葉を置いた試験では、3通りの配置の結果をまとめ、 χ^2 適合度検定を用いて比較し、誘引頭数の各処理葉間の差異をDMRTにより検定した。なお、時間内にどの桑葉にも到達しなかった蚕児は計算に含めなかった。

誘引関連物質の測定

1992年の実験で用いた桑葉のうち、標準施肥区であるN2区と無施肥区（NF区）の最大光葉中の成分をガスクロマトグラフィーで定量した。採取後直ちに密封保存した供試桑葉110gを750mlのジエチルエーテルに2日間浸し、この溶液をメスフラスコに移し、抽出残渣を洗浄したジエチルエーテルを加え、1000mlに定容し、試料抽出液とした。その抽出液をパージアンドトラップ法によってTenax GCに吸着させた後、Shimadzu GC-9APFを用い、シス-3-ヘキサノール、リナリルアセテート、シトラール、フェネチルアルコール、シス-ジャスモンを定量した。

またフェネチルアルコールについては、1992年の実験に用いた全ての区の最大光葉に対して、Shimadzu GC/MS QP-1000Aを用いてGC/MS

分析を行なった。GC/MS分析には、桑葉1枚ずつを、1gに対して10mlに相当するジエチルエーテルに6日間浸して抽出した液をGC/MSにかけ、m/z=122のクロマトグラム上のピーク面積によりフェネチルアルコールを定量した。GC/MS分析の測定は3反復で行ない、分散分析とDMRTにより解析した。

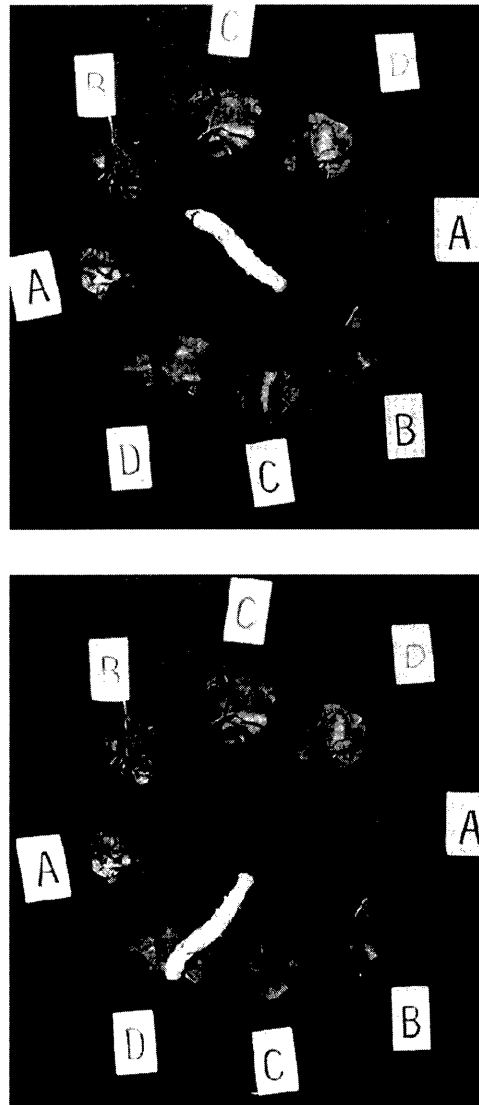


Fig. 2. Attractiveness test with 4 differently treated leaves. Top: Leaves from 4 different treatments are set on a 5 cm diameter circle with 45° distance. 5 pieces of 2 cm square leaves make a pile at each location. A 5th instar silkworm is set in the center of the circle. Bottom: 5 min later. Silkworms usually arrived at their desination in 5 min, however each observation lasted 20 min.

結果と考察

施肥葉と無施肥葉の蚕児誘引性の差異 (1987, 1988 年度実験)

1987年および88年の誘引試験の結果を、蚕期、齢期、飼育桑葉を因子として分散分析を行なったところ、齢期と飼育桑葉については有意な差が見られなかったが、蚕期については、 $p < 0.05$ で有意な差が認められた。そこでTable 1に各蚕期別に誘引試験の結果をまとめて示した。誘引された蚕児の平均頭数をDMRTで比較すると、 $p < 0.01$ で晩秋蚕期の無施肥区が最も強く誘引し、次いで春蚕期の無施肥区が強く誘引し、晩秋蚕期の施肥区が最も誘引しなかった。つまり晩秋蚕期の方が春蚕期よりも、無施肥区と施肥区との蚕児誘引性の差が顕著であった。このことは平塚(1926)が春蚕期よりも秋蚕期において、無窒素区よりも窒素施用区の桑葉が飼料的価値を低下させ、蚕児の発育不良、斃死蚕の増加、産繭量の減少などの影響を生じると報じたことと一脈相通じるものと考えられる。

施肥量の差異が桑葉の蚕児誘引性におよぼす影響 (1992年度実験)

1992年の誘引試験において、試験時までの飼育桑葉の違いは分散分析の結果、誘引程度に影響を与えなかったため、両飼育葉をこみにしてデータ解析を行なった。異なる窒素施肥量で育てた桑葉それぞれを1対にして比較した誘引の強さをDMRTで分析したところ $p < 0.01$ で、誘引強度は、NF区 \approx N0区 $>$ N1区 \approx N2区の順になった(Table 2)。

次に4区の桑葉を円形に配置した誘引試験の結果では、Fig. 3に示す通り、NF区に63%、N0区に24%、N2区およびN1区にそれぞれ7%が誘引され、NF区の桑葉に強力な蚕児誘引性が認められた。DMRTで比較すると $p < 0.01$ で、NF区 $>$ N0区 $>$ N1区 \approx N2区と有意な差が認められた。この場合も、供試蚕の飼育桑葉の差は、2種の桑葉による誘引試験の場合と同様、有意な差異は認められなかった。

誘引に関与する物質

上記のように施肥量を異にして栽培した桑葉の蚕児誘引性に差が認められたので、誘引に関与する物質について分析を行なった。これまでに蚕児誘引物

Table 1. Effects of fertilized and unfertilized mulberry leaves on silkworm attractiveness (Experiments in 1987 and 1988)

Rearing season	Number of silkworm larvae attracted in 20 minutes		
	Fertilized leaves	Intermediate	Unfertilized leaves
Spring	0.625 \pm 0.7 ^a	1.250 \pm 1.2 ^a	4.125 \pm 0.9 ^b
Late-Autumn	0.100 \pm 0.4 ^a	0.700 \pm 0.9 ^a	5.200 \pm 1.2 ^a

The numbers in the spring rearing season are averages of 8 replications, and those in late-autumn season are average of 20 replications. The numbers after \pm are standard errors. Data were combined for two years experiments with different instar periods and two types of reared leaves. The numbers followed by different alphabets indicate statistically different at 1% level by Duncan's New Multiple Range Test.

Table 2. Effects of mulberry leaves with different fertilizer application rates on attractiveness to silkworm reared by fertilized and unfertilized leaves (1992 paired comparison experiments)

Test leaves	Reared by fertilized leaves					Reared by unfertilized leaves					Total Mean
	Comparison leaves					Comparison leaves					
	N2	N1	N0	NF	Mean	N2	N1	N0	NF	Mean	
N2	-	1.5 \pm 0.5	1.0 \pm 1.0	0.0 \pm 0.0	0.83 \pm 0.90	-	1.0 \pm 1.0	0.0 \pm 0.0	1.0 \pm 1.0	0.67 \pm 0.94	0.75 \pm 0.92 ^a
N1	2.0 \pm 0.0	-	0.0 \pm 0.0	1.0 \pm 0.0	1.00 \pm 0.82	3.5 \pm 0.5	-	0.5 \pm 0.5	0.0 \pm 0.0	1.33 \pm 1.60	1.17 \pm 1.28 ^a
N0	4.0 \pm 1.0	5.0 \pm 0.0	-	1.0 \pm 0.0	3.33 \pm 1.89	5.0 \pm 0.0	4.5 \pm 0.5	-	0.0 \pm 0.0	3.17 \pm 2.27	3.25 \pm 2.09 ^b
NF	5.0 \pm 0.0	4.0 \pm 0.0	4.0 \pm 1.0	-	4.33 \pm 0.75	4.0 \pm 1.0	4.0 \pm 1.0	5.0 \pm 0.0	-	4.33 \pm 0.94	4.33 \pm 0.85 ^b

The values (\pm standard error) in the table show average numbers of larvae attracted to test leaves for two replications, when they were paired to comparison leaves. In each trial, 5 silkworm larvae of 2nd day in 5th instar were used. N2, N1, N0 and NF denote nitrogen application rates of 2 g, 1 g, 0 g per pot with P and K, and no fertilizer application, respectively. The numbers followed by different alphabets indicate statistically different at 1% level by Duncan's New Multiple Range Test.

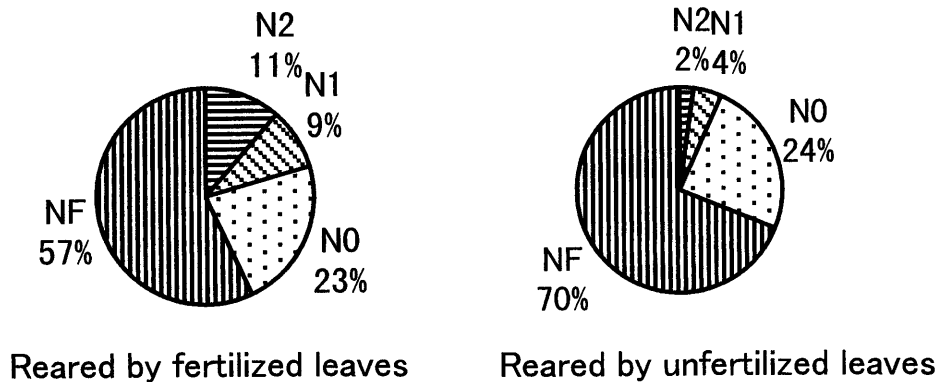


Fig. 3. Effects of different nitrogen application rates on mulberry leaves attractiveness to silkworm reared by fertilized and unfertilized mulberry leaves. Percentages reached to the respective in 20 minutes of 90 silkworm larvae tested are shown. N2, N1, N0 and NF indicate nitrogen fertilizer application rates 2 g, 1 g, 0 g per pot with P and K, and no chemical fertilization, respectively.

質についての報告は数多く、南澤（1984）によれば、青葉アルコールやテルペン系の物質が有効とされている。また林屋（1988）はシス-ジャスモンやフェネチルアルコールが誘引物質として有効であるとしている。そこでパーミアンドトラップ法によってこれらの物質の含有量の桑葉間差異を測定して、Table 3 に示す結果を得た。誘引に関与すると考えられる物質のうち、シトラールやフェネチルアルコールにおいて NF 区の桑葉が N 2 区のそれよりも顕著に高い値を示した。

それらのうち、区間差の大きいフェネチルアルコールについて、施肥レベルによる含有率の差異を GC/MS 分析により調査した結果を Fig. 4 に示した。図に示したデータについて、分散分析を行なったところ、 $p < 0.01$ で施肥レベル間でその含有率に有意な差が認められた。すなわち N 2 区 (301 ng/g) に比べ、N 1 区で 2 倍、N 0 区で 4 倍、NF 区では 2826.7 ng/g と実に 9 倍の含量が認められ、前記誘引性の大小とよく符合した。DMRT によって施肥レベル間でのフェネチルアルコールの含有量の差異を検定したところ、NF 区が $p < 0.01$ で N 2 区および N 1 区より勝り、 $p < 0.05$ では NF 区が全ての区に勝った。しかし、窒素施肥量のみを異にする区間では、フェネチルアルコールの含量は、施肥量が少ないほど増加する傾向にあるものの、その差は有意ではなかった。

以上のように、無施肥区の桑葉が他区の葉に比べ顕著に高い蚕児誘引性とフェネチルアルコール含量を持つことが示され、これより同アルコールが強い蚕児誘引効果をもつものの一つと推察された。林屋

Table 3. Contents of some known attractants for silkworm larvae in fertilized and unfertilized mulberry leaves ($\mu\text{g/g}$ raw leaf)

Substance	Fertilized leaves	Unfertilized leaves
cis-3-hexanol	0.0920	0.0800
linalyl acetate	0.0720	0.0540
citral	0.0043	0.0093
phenethyl alcohol	0.0750	0.2300
cis-jasmon	0.0260	0.0240

Gas-liquid chromatograph, Shimadzu GC-9APF, was used to measure the amounts of attractants in the leaf. Purge and Trap method was applied.

(1988) は、蟻蚕に対して最も強い誘引性がある物質としてフェネチルアルコールとシス-ジャスモンをあげているが、本実験の結果からフェネチルアルコールは壮蚕に対しても同様の効果をもつことが示唆された。

さらに、NF 区の葉が N 0 区のそれよりも誘引効果とフェネチルアルコールの含量ともに高かったことは、リン酸とカリの施肥がフェネチルアルコールの生成を妨げる何らかの作用を及ぼしたものと推察される。このことに関し、既往の研究では施肥量と誘引成分との関係を直接扱った研究は乏しく、わずかに次の研究が認められるのみである。すなわち、誘引成分のみならず広く二次代謝産物の生成量と施肥量との関係を調べた Iason and Hester (1993) は、ヒースにおいては肥料の施肥による炭素ベースの二次代謝への影響は認められなかったと述べている。一方、Bryant *et al.* (1993) はアラスカのカバの木では、窒素のみならずリン酸施肥も二次代謝生

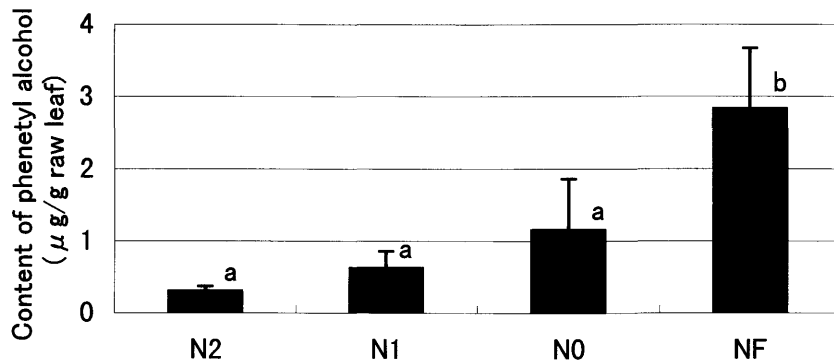


Fig. 4. Effects of nitrogen application rates on phenethyl alcohol contents of mulberry leaves. Phenethyl alcohol contents of mulberry leaves were measured by GC/MS method. Averages of 3 replications. Bars indicate standard errors. The numbers followed by different alphabets indicate statistically different at 5% level by Duncan's multiple range test.

成物の量に影響をおよぼすことを報告している。これよりフェネチルアルコールの含量がリン酸もしくはカリの影響を受けたことも考えられる。

一方、リン酸、カリ施用のもとで無窒素区と窒素施用区の間では、蚕児誘引性に有意な差異が認められたにもかかわらず、フェネチルアルコールの含量には有意な差異が認められなかった。Chang (1988) はタバコの黄色種で $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ との施用窒素の形態間で、フェネチルアルコールの生成量には施用窒素源の影響はないとしながらも、リナロールなどは $\text{NO}_3\text{-N}$ 施用の方が多く生成したと報告している。また Muzika *et al.* (1989) はモミの苗木のテルペン系物質生成量について窒素施用量を異にして比較し、全体として施肥量とテルペン系物質生成量との関係はないとしながらも、窒素過剰施用区では β -フェランドレンなどいくつかの物質生成量の減少を認めている。これらから、桑葉において窒素施肥量の差異にフェネチルアルコールよりも過敏に反応する誘引物質あるいは誘引抑制物質の関与も示唆される。桑葉の揮発成分を抽出し、蟻蚕がもっとも誘引される分画をもとめた林屋 (1988) において、同一分画内にフェネチルアルコールとともにシス-ジャスモン、シス-3-ヘキサノールやリナロールなどが同定されていたことから、いくつかの誘引物質が相互に関連して蚕児を誘引していることも推察される。これらの物質含量に及ぼす窒素施肥量の影響およびそれらの蚕児誘引性におよぼす影響については今後の課題としたい。

摘 要

施肥量を異にする桑葉の蚕児誘引性への影響を検討し、誘引に関与すると考えられている物質の一部を定量した。無施肥栽培葉は、標準的な施肥栽培葉よりも、蚕期、齢期、品種の異なる蚕児を、春蚕期で6.6倍、晩秋蚕期で52倍強く誘引した。また5齢期の蚕児を用いて窒素施用量を異にする桑葉で比較すると、無施肥区>無N区>N半量区=標準区の順に蚕児誘引性が勝った。桑葉のGC分析の結果、シトラールやフェネチルアルコールで無施肥区が施肥区よりも高い値を示した。そのうちフェネチルアルコールのGC/MS分析から、標準施肥区に比べ、N半量区で2倍、無N区で4倍、無施肥区では9倍の含量が認められ、蚕児の誘引性の大小とよく符合した。フェネチルアルコールの生成量は、窒素のみならずリン酸、カリの施用によっても影響されることが示唆された。

文 献

- Bryant, J. P., Reichardt, P. B., Clausen, T. P. and Werner, R. A. (1993) Effect of mineral nutrition on delayed inducible resistance in Alaska paper birch. *Ecology*, **74**, 2072-2084.
- Chang, K. W. (1988) Effect of ammonium and nitrate nitrogen on the volatile oil of flue-cured tobacco under vinyl mulching cultivation. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.*, **21**, 31-40.
- Hamamura, Y., Hayashiya, K. and Naito, K. (1961) Food selection by silkworm larvae, *Bombyx mori*. *Nature*, **190**, 879-881.

- 林屋慶三(1988)家蚕の摂食機構に関する総合的研究. 文部省科研(一般(A)61440012, 61-62年度).
- 平塚英吉(1926)窒素施肥量を異にする桑葉の飼料的価値第2報8月飼育蚕に就ての観察. 蚕試報, **7**, 221-240.
- Iason, G. R. and Hester, A. J. (1993) The response of heather (*Calluna vulgaris*) to shade and nutrients: Predictions of the carbon-nutrient balance hypothesis. *J. Ecol.*, **81**, 75-80.
- 石田 靖(1949)施肥量と蚕作との関係. 蚕糸技術, **12**, 12-16.
- 地引嘉作(1950)肥料4要素が桑樹の生育並に桑葉の蚕児飼料価値に及ぼす影響に就ての研究第5編肥料4要素が其の葉を飼料とする蚕に及ぼす影響. 熊本蚕試報, **5**, 108-158.
- 小泉二郎・橋詰 強・小針洋子(1963)蚕児が桑葉を感じ出来る距離. 蚕糸研究, **47**, 37-43.
- 南澤吉三郎(1984)栽桑学—基礎と応用—(改訂新版), pp. 2-3, 鳴鳳社, 東京.
- Muzika, R. M., Pregitzer, K. S. and Hanover, J. W. (1989) Changes in terpene production following nitrogen fertilization of grand fir (*Abies grandis* (Dougl.) Lindl.) seedlings. *Oecologia* (Heidelberg), **80**, 485-489.
- 太田安澄・井出 智・岡田和人(1961)窒素・磷酸・加里施用の有無と桑の収量及び育蚕成績について. 蚕糸界報, **70**, 16-20.
- 清水 忠・原田 勉・田中和一(1966)桑園能率増進上窒素の多用と磷酸加里石灰の組合せが蚕作におよぼす影響. 東京蚕試年報, **14**, 50-55.
- 高岸秀次郎・白田和人・川内郁緒・渡辺喜二郎・堀江保宏(1985)桑葉葉質に及ぼす施肥要因の影響解析. 蚕試報, **30**, 65-81.
- Watanabe, T. (1958) Substances in mulberry leaves which attract silkworm larvae (*Bombyx mori*). *Nature*, **182**, 325-326.