

## 施肥窒素の桑園土壤中での挙動と桑による吸収利用

誌名	日本蠶絲學雜誌
ISSN	00372455
著者	野木, 照修 柳沼, 泰衛
巻/号	56巻1号
掲載ページ	p. 45-51
発行年月	1987年2月

## 施肥窒素の桑園土壤中での挙動と 桑による吸収利用

野木照修・柳沼泰衛\*

福島県伊達郡梁川町・福島県蚕業試験場 (〒 960-07)

(1986年7月15日 受領)

TERUO NOGI and YASUEI YAGINUMA: Fate of fertilizer nitrogen in mulberry fields and its utilization by the trees

Field experiments using tagged nitrogen were conducted to determine the fertilizer nitrogen in mulberry fields and its utilization by the trees. The soil mineral nitrogen derived from the spring application in the treated layer had disappeared almost completely until early July, while the nitrogen derived from the summer application disappeared at the end of August. In the lower layers of soil, a large quantity of nitrate nitrogen was present suggesting that soil mineral nitrogen derived from the spring application had remained during the summer season. Ratio of nitrogen applied in the spring to the total nitrogen at harvest ranged from 21 to 24%, while the ratio of nitrogen applied in the summer ranged from 16 to 25%. The total ratio of fertilizer nitrogen ranged from 40 to 50% in that year. In the next year, the total ratio which was about 30% in spring decreased to 8% in the late autumn cropping season. Recovery of fertilizer nitrogen was found to amount to 39% (spring application) and 37% (summer application). The results were lower than in the previous year. (Fukushima-ken Sericultural Experiment Station, Yanagawa-machi, Date-gun, Fukushima, 960-07)

施肥窒素の桑園土壤中での挙動と桑による吸収利用について検討するため、標識窒素を用いた圃場試験を実施した。

1. 土壤中の施肥由来の無機態窒素が施肥位置からほぼ消失する時期は、春肥由来のもので7月初め、夏肥由来のもので8月末であった。
2. 下層土の土壤無機態窒素はほとんどが硝酸態であり、また、夏の期間下層には春肥由来のものかなり残存していると推察される。
3. 施肥当年の収穫物中の窒素に占める施肥由来の割合は、春肥由来のものが21~24%、夏肥由来のものが16~25%であり、合計の施肥窒素の割合は40~50%であった。
4. 翌春の収穫物中の窒素に占める前年の施肥由来の割合は、約30%と高いが、晩秋蚕期収穫物中では8%程度に低下した。
5. 施肥窒素の利用率を算出した結果、春肥39%、夏肥37%と春肥、夏肥で大差なく、従来のものより低い値を示した。

伐採収穫を伴う桑園では、窒素肥料の施用量は他の作物と比べて多く、福島県においては、10 a あたり収蒔量 120kg あるいは 150kg を目標にそれぞれ 10 a あたり年間 30kg, 45kg とされている。施肥成分のうちりん酸とカリの施肥量については全国規模

の試験(伊東ら, 1966)により土壤類型別の施肥基準が確立されており、さらに、りん酸の行動に関しては<sup>32</sup>Pを用いた詳細な研究(森ら, 1958; 潮田, 1959)もおこなわれている。しかしながら、土壤中移動しやすい窒素成分に関しては、桑園土壤中での行動や桑による吸収利用状況等について施肥窒素と他の窒素に分けて詳細に検討した報告は数少ないよ

\* 現在: 福島県伊達郡伊達町・福島県繭検定所 (960-04)

うである。

これらについて検討するうえで、標識窒素を用いる方法は有効な手段であり、水稻をはじめ他の一年生作物では一般的な方法として用いられ、永年生の樹木でも温州ミカン、リンゴ、モモ、茶等での試験(岩切, 1980)が報告されている。一方、桑樹では、春肥の吸収時期について黒瀬ら(1978)、今西ら(1981)が、秋肥の効果について黒瀬ら(1977)、板倉ら(1979)が報告したにすぎず、現在の施肥体系下における圃場レベルでの試験は皆無である。また、施肥量の算出基礎となる施肥窒素の利用率についても、差引法によるものは、直接肥料にラベルするトレーサー法に比べ誤差が大きいとされている。

そこで本報告では、積雪寒冷地における合理的施肥法をおこなううえでの基礎資料とするため、標識窒素を用いた圃場試験を実施し、土壌中の無機態窒素および桑収獲物中の施肥由来の割合を時期別に調査した結果、桑園における施肥窒素の吸収利用について2~3の知見を得たのでその既要を報告する。

なお、本試験を進めるにあたって、有益な御助言をいただいた東北大学教授、庄子貞雄博士、また、 $^{15}\text{N}$ の分析に御助言、御協力いただいた同教官、安藤豊博士に、深くお礼申し上げる。

### 材 料 と 方 法

供試桑園は福島県蚕業試験場の下川原桑園内から樹齢5年目のものを用いた。本桑園は阿武隈川と広瀬川の合流点付近の沖積層に位置し、その土壌の特徴は第1表に示すとおり土性は砂壤土で腐植にやや乏しいが、当場では比較的生産性の高い桑園である。

桑品種は改良鼠返、根刈仕立、植村距離は2.4m×0.5m(833本/10a)である。試験期間中の収穫

法は1年目(1979年)は春切とし、翌年は夏切の輪収法とした。

試験開始に先立ち、前年(1978年:春切)晩秋蚕期(一期収穫)に1株調査して平均収量を示す1aの試験区を2区設けた。さらにその中で平均収量を示す株を選定し、1株あたりの面積で深さ60cmの木枠を埋め込んだ。施肥は $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=30:15:15\text{kg}/10\text{a}$ をそれぞれ硫酸、過りん酸石灰、塩化カリで、春肥(4月18日)、夏肥(6月22日)に分けて同量ずつ散布し、表層約15cmの層にロータリー混和した。枠内の窒素肥料は、3.1 atom%の重窒素硫酸で施し、春肥ラベル株の夏肥、夏肥ラベル株の春肥、および翌年の施肥は一般の試薬硫酸でおこなった。

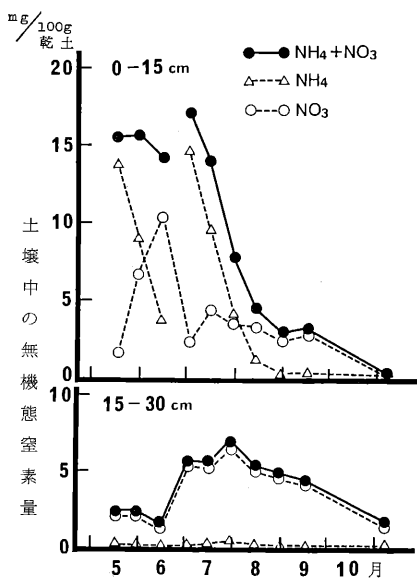
土壌の試料採取は、畦間の中央に土壌採取用枠を設け、6ヶ所から約15日おきに、表層(0~15cm)と下層(15~30cm)に分けておこなった。また $^{15}\text{N}$ 枠内からも採土管を用い表層15cmまでを採取した。試料はただちに生土で200gを供試し、1NKCl溶液で抽出後、酸化マグネシウムとデバルダ合金を用いた水蒸気蒸留法により無機態窒素を測定した。植物体試料は各収穫期に $^{15}\text{N}$ 枠内から葉と条に分けて採取し、乾燥、粉碎後重窒素濃度の測定に供した。このほか圃場内から収穫量調査後ただちに葉と条に分けて採取(10連)し、水分含量、窒素含量の測定に供した。また、株に残存した施肥窒素量を測定するため、試験開始後2年目の晩秋蚕期収穫後に枠内の残葉根株も採取した。窒素含量の測定は、セミマイクロケルダール法、重窒素の測定は発光分析法によった。用いた $^{15}\text{N}$ -アナライザーは、東北大学農学部土壌立地学講座の日本分光NAI-1型である。

第1表 供試圃場の土壌の特徴

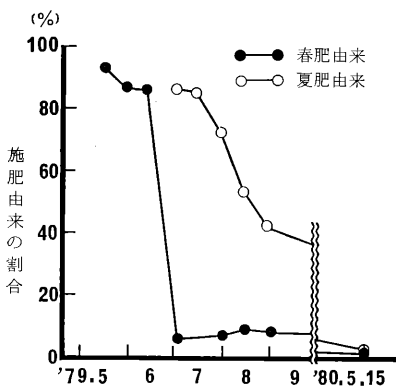
層位 (cm)	土性	C. E. C (m. e./100g)	pH	T-C (%)	T-N (%)	置換性塩基 (m. e./100g)		有効態りん酸 ( $\text{P}_2\text{O}_5\text{mg}/100\text{g}$ )
						Ca	Mg	
0~15	SL	10.8	5.49	0.80	0.08	6.89	1.12	24.0
15~26	LS	8.8	5.81	0.56	0.05	6.63	1.05	11.5
26~42	S	3.1	6.36	0.19	0.01	2.62	0.38	1.8
42~88	SCL	17.1	6.18	1.04	0.09	12.71	2.13	2.3
88~	S	3.5	5.85	0.14	0.01	2.51	0.81	1.6

## 結 果

土壤中における施肥窒素の行動を知るため土壌中の無機態窒素の消長とそこに占める施肥由来の割合を調査し第1図、第2図に示した。これによると、施肥位置である表層15cmの無機態窒素量は、春肥施肥後約1ヶ月の5月中旬では乾土100gあたり約15mgのレベルにあり、その後1ヶ月は漸減傾向にある。夏肥により再び高まった後、7～8月にかけては急激な減少傾向を示し、8月末には乾土100gあたり2～3mgとなった。下層15～30cmでは、



第1図 土壌中の無機態窒素量の推移



第2図 土壌無機態窒素中に占める施肥由来の割合

7月以降高まり9月中旬頃まではほぼ横ばい状態で推移した。この間の土壌無機態窒素の形態をみると、施肥直後はほとんどがアンモニア態であるが、その後硝酸化成が急激に進み、春肥後で約60日、夏肥後では約40日後までに大部分が硝酸化成された。また、下層土の無機態窒素はほとんどが硝酸態であった。これらのパターンは、前に著者らが報告(1978)したのとほぼ一致している。なお、7月初めの採取時点では夏肥後2週間程度であるにもかかわらず、施肥位置の無機態窒素量がさほど高まらないのは、梅雨期の降水により硝酸態窒素が下層へ移行したためと思われる。

次に土壌中の無機態窒素中に占める春肥由来の割合をみると、夏肥前までは95～85%と高く推移するが、夏肥後の最初の調査時点では数%となり、その後はほぼ横ばい状態で推移する。従って春肥由来の無機態窒素は7月初めには施肥位置から下層に移行し、夏期の乾燥時期にも量的にはさほど上昇して来ないものと考えられる。施肥位置の土壌無機態窒素中に占める夏肥由来の割合は7月上～中旬で約85%と、土壌無機態窒素の大部分を占めていた。しかし7月中旬以降この割合は低下傾向にあり、春肥由来の窒素もさほど認められないことから、この時期は土壌窒素が随時無機化していると推定される。さらに、施肥位置の夏肥由来の窒素の割合は、8月末に40%に低下した。第1図に示すようにこの時期の土壌中の無機態窒素は乾土100gあたり3mgであるので、施肥由来の無機態窒素は乾土100gあたり1mgに相当する。

施肥当年の収穫物中の窒素中に占める施肥由来の割合を第2表に示した。春肥由来の割合をみると、初秋蚕期収穫物では葉中が24%、条中が22%、晩秋蚕期収穫物では葉中で22%、条中で21%といずれも条より葉中の割合がやや高く、蚕期別に比較すると晩秋蚕期より初秋蚕期でやや高かった。夏肥由来の割合は初秋蚕期収穫物の葉中で17%、条中で19%と条中の割合がやや高く、晩秋蚕期では葉中24%、条中22%と葉中でやや高い。また初秋蚕期収穫物より晩秋蚕期収穫物で高かった。

各蚕期別に春肥、夏肥由来の割合を比較すると、初秋蚕期収穫物では春肥の割合が高いが、夏肥窒素も春肥窒素の約70%に相当する量がとり込まれていた。初秋蚕期の収穫物は夏の期間比較的生育量の少

第2表  $^{15}\text{N}$  施肥当年の収穫物窒素中に占める施肥由来の割合

蚕 期		春肥標識区		夏肥標識区	
		$^{15}\text{N}$ 存在率 ( $^{15}\text{N}$ . excess %)	春肥由来の 割合 (%)	$^{15}\text{N}$ 存在率 ( $^{15}\text{N}$ . excess %)	夏肥由来の 割合 (%)
初秋蚕期*1)	葉	0.651	23.6	0.439	16.2
	条	0.590	21.4	0.502	18.5
晩秋蚕期*2)	葉	0.584	21.2	0.668	24.6
	条皮層	0.569	20.7	0.636	23.5
	条木質	0.579	21.0	0.606	22.4

\*1) わい小枝たれ枝収穫

\*2) 枝条1m残中間伐採

第3表  $^{15}\text{N}$  施肥2年目の収穫物窒素中に占める施肥由来の割合

蚕 期		春肥標識区		夏肥標識区	
		$^{15}\text{N}$ 存在率 ( $^{15}\text{N}$ . excess %)	春肥由来の 割合 (%)	$^{15}\text{N}$ 存在率 ( $^{15}\text{N}$ . excess %)	夏肥由来の 割合 (%)
春蚕期*1)	葉	0.389	14.1	0.411	15.2
	新梢条	0.366	13.3	0.425	15.7
	古条皮層	0.539	19.6	0.510	18.8
	古条木質	0.558	20.3	0.501	18.5
晩秋蚕期*2)	葉	0.101	3.7	0.126	4.7
	条皮層	0.112	4.1	0.153	5.6
	条木質	0.114	4.1	0.135	5.0

\*1) 収穫枝基部収穫

\*2) 40cm残全伐収穫

第4表 収穫後の株中に残存した窒素に占める施肥由来の割合

	春肥標識区		夏肥標識区	
	$^{15}\text{N}$ 存在率 ( $^{15}\text{N}$ . excess %)	春肥由来の 割合 (%)	$^{15}\text{N}$ 存在率 ( $^{15}\text{N}$ . excess %)	夏肥由来の 割合 (%)
残 葉	0.165	6.0	0.193	7.1
残 条	0.143	5.2	0.157	5.8
株	0.224	8.1	0.197	7.3
根	0.210	7.6	0.231	8.4

さいわい小枝、たれ枝のみであったことも考慮すると、夏肥の吸収は比較的早いと考えられる。一方、晩秋蚕期収穫物中では初秋蚕期とは逆に夏肥の割合がやや高く、夏の期間の吸収窒素は春肥よりも夏肥が多いことがわかる。このことは土壌中の施肥由来の無機態窒素量の推移からも当然の結果であろう。

施肥2年目の収穫物中の窒素に占める施肥由来の

割合を第3表に示した。春蚕期収穫物中では、前年春肥窒素の割合が新梢中で15%、古条中で20%、前年夏肥由来の割合は新梢中で16%、古条中で18%といずれも新梢中より古条中で高かった。また新梢中と古条中の割合の差はわずかではあるが春肥由来のものが大きい。晩秋蚕期収穫物中では、春肥、夏肥由来の割合は3~5%と低かった。

第5表 試験圃場の収量 (kg/10a)

年度	蚕期	総量	葉量	条量	古条量
1979年	初秋蚕期	583	441	142	—
	晩秋蚕期	1,703	1,257	446	—
	年合計	2,286	1,698	588	—
1980年	春蚕期	2,088	973	385	730
	晩秋蚕期	981	746	235	—
	年合計	3,063	1,719	620	730

第6表 桑樹体内の施肥窒素量と施肥窒素の利用率

年度	蚕期	窒素成分量	春肥由来窒素量	夏肥由来窒素量
1979年	初秋蚕期収穫物	4.0kg/10a	0.93kg/10a	0.65kg/10a
	晩秋蚕期収穫物	12.1	2.55	2.95
	(年間合計)	(16.1)	(3.48)	(3.60)
1980年	春蚕期収穫物	9.9	1.46	1.55
	晩秋蚕期収穫物	7.4	0.28	0.36
	(年間合計)	(17.3)	(1.74)	(1.91)
その他(株, 剪定条等)		5.0	0.35*	0.41*
合計		38.4	5.57	5.92
施肥窒素の利用率			37.1%	39.5%

\* 株については<sup>15</sup>N 枠内のみから求めた。

第7表 部位別の春肥窒素の割合  
(晩秋蚕期最長枝条, 1m上, %)

部位	葉	条皮層	条木質
上位	17.3	17.3	17.0
中位	18.8	18.4	19.0
下位	22.5	20.2	19.6

試験2年目の晩秋蚕期収穫後に株を掘り取りその中の窒素成分に占める施肥由来の割合を第4表に示した。施肥由来の割合は7~8%で2年目晩秋蚕期収穫物中のものよりやや高い。

2年間の同一圃場内の収量(第5表)および水分含量, 窒素含量から求めた収穫物中の窒素成分量に前述の施肥由来の割合を乗じて収穫物中の2年間の施肥窒素量を算出し, さらに2年目収穫後の株残存施肥窒素量(<sup>15</sup>N 枠内のみ)を加え施肥窒素の利用率を試算したのが第6表である。

試験1年目の収穫物中の窒素成分量は16.1kg/10a

であり, これは施肥量の約54%に相当する。この中の春肥由来および夏肥由来の窒素量はそれぞれ3.5, 3.6kg/10aと差がなかった。翌年の収穫物中には春肥, 夏肥それぞれ1.7, 1.9kg/10aほど含まれていたが, そのうちの約80%は春蚕期収穫物中のものであった。株に残存した施肥窒素量を含めた2年間にわたる施肥窒素の利用率は, 春肥が37%, 夏肥が40%と従来言われているものより低く, また, 春肥, 夏肥で大差が認められなかった。

## 考 察

施肥位置の春肥および夏肥由来の無機態窒素の消長には大きな違いが見られ, また春肥, 夏肥窒素の収穫物へのとり込みも時期別に異なることがわかった。しかしながら, 施肥1年目における収穫物へのとり込み量の違いは, 土壌における傾向ほど大きくはなく, また第7表に示すように晩秋蚕期枝条中の春肥由来の割合は, 枝条の上位でやや低いものの, 大差は認められない。このことには, 夏の期間にお

いて、それまでに吸収された春肥窒素の転流が多いのか、あるいは下層に残存した春肥窒素や、有機化した春肥窒素が再無機化する窒素の吸収がかなりあるのかが関与すると思われる。下層土について重窒素濃度の測定をおこなっておらず、また施肥窒素の有機化無機化量も測定できないので、本試験の結果から判断するのは困難であるが、土壤無機態窒素量の推移からみて、夏の期間には春肥由来のものも下層土にはかなり残存していると思われ、これの吸収もかなりあるものと推察される。

一方、本試験では使用した硫安の重窒素濃度が低いために、施肥窒素の持続性については2年目までを対象とした。重窒素施肥当年を春切とし、翌年を夏切とした場合、施肥窒素の収穫物に対する効果は2年目春蚕期まで大きかった。ここで2年目の収穫物中の施肥窒素がいつの時期に吸収されたものかが問題となろう。本試験では2年目春において施肥由来の土壤無機態窒素が施肥位置にはほとんど認められないことがわかっただけで下層土中のもは検討していない。しかしながら、施肥当年の8月末における土壤中の施肥由来の無機態窒素がほとんど硝酸態であること、また、黒瀬ら(1977)が示すように硝酸態で施用した秋肥窒素の桑による吸収量が多雪地では著しく少ないことから、残存した施肥由来の無機態窒素は秋雨から翌春までに吸収し得ない深さまでほとんどが流亡したものと考えられる。さらに土壤中に有機化された施肥窒素の再無機化量は有機化量の8~15%と量的には少ないこと(赤塚ら, 1970)が示されている。したがって、2年間に吸収した施肥窒素の大部分は1年目の晩秋蚕期までに吸収し、それが翌春の収穫物中へ移行したと考えられる。なお、これらの点については今後検討を要するものと思われる。

重窒素硫安は高価なため、本試験では標識硫安を散布した株を春肥、夏肥ともに木枠を埋設した平均的な株ではあるが1株づつに限定した。したがって、実験が一連であること、枠埋設時の断根等の影響は多分にあると思われた。安藤ら(1982)は水稻を用いた圃場試験で個体間の変動係数は施肥窒素の吸収率より水稻体窒素中の施肥窒素の存在率の方が小さいことを報告している。そこで収穫物中の窒素量を大面積の区より求めて補正し施肥窒素の吸収量を算出した。

施肥窒素の利用率は施肥量、時期、肥料形態、土壤条件、気象条件等により異なるが、桑樹では58%(潮田, 1954)とされており、また果樹、茶樹等の永年性作物でも50~60%(高井ら編, 1976)と考えられている。しかしながら、近年、永年性の樹木でも標識硫安を用いた圃場試験が数多くなされつつあり、春肥窒素の利用率は3年生モモに  $N: 5g/m^2$  の施用で48%(佐々木ら, 1978)、3~4年生のリンゴ樹に  $N: 10g/m^2$  の施用で35~40%(佐藤ら, 1982)の報告がある。また保科(1985)は、茶樹による春肥( $20g/m^2$ )、夏肥I( $8g/m^2$ )、夏肥II( $8g/m^2$ )の利用率が36~43%と報告している。これらの結果は、重窒素施用当年の秋までに吸収した量から求めているが、いずれも従来のもよりやや低い値を示している。本報告では、重窒素施用後2年目の秋までの2年間における利用率であるが、やはり従来のもより低い値を示した。

桑園に施肥される窒素のゆくえは、桑による吸収、微生物や粘土鉱物による固定、流亡、脱窒があげられるが、このうち土壤固定分はせいぜい10~20%程度(庄子ら, 1971; 赤塚ら, 1970)と考えられるので、今回の試験に限れば施肥窒素の40~50%が流亡が脱窒により損失するものと推察される。

なお、本試験で用いた標識窒素の $^{15}N$ 濃度は3.1 atom % であるが、施肥2年目までの収穫物中の $^{15}N$ 存在率は0.1~0.7 excess % であり、検討内容にもよるが、施肥窒素量の多い桑樹では使用硫安の $^{15}N$ 濃度が3 atom % 程度でも桑による吸収や土壤無機態窒素画分での追跡は十分可能であると思われる。

## 文 献

- 赤塚 恵・杉原 進(1970):土肥誌, 41, 314-318.  
 安藤 豊・庄子貞雄(1982):土肥講要, (28), 103.  
 保科次雄(1985):茶試研報, 20, 1-89.  
 今西三好・五島 皓(1981):蚕糸研究, (118), 29-33.  
 板倉三郎・黒瀬 邁・佐藤喜美雄(1979):東北蚕糸, (4), 47.  
 伊東正夫・森 信行(1966):蚕試報, 21, 1-371.  
 岩切 徹(1980):重窒素利用研究法(三井進午・吉川春寿・中根良平・熊沢喜久雄編) pp. 123-126, 学会出版センター, 東京.  
 黒瀬 邁・松崎 巖・堀内彬明・佐藤喜美雄(1977):東北蚕糸, (2), 34.  
 黒瀬 邁・松崎 巖・堀内彬明・佐藤喜美雄(1978):蚕糸

- 研究, (108), 1-8.
- 松崎 巖・板倉 三郎・黒瀬 邁・堀内彬明・佐藤 喜美雄 (1979) : 東北蚕糸, (4), 48.
- 森 信行・木内美江子・岡田映博 (1958) : アイソトープ利研年報, **32**, 311-321.
- 野木照修・柳沼泰衛 (1978) : 日蚕講要, (48), 140.
- 佐々木生雄・佐藤雄夫 (1978) : 福島県園試研報, (8), 17-23.
- 佐藤雄夫・佐々木生雄 (1982) : 福島県果試研報, (10), 23-33.
- 庄子貞雄・和田源七・斎藤 公夫・新保 到・高橋 重郎 (1971) : 日作紀, **40**, 281-286.
- 高井康雄・早瀬達郎・熊沢喜久雄代表編集委員 (1976) : 植物栄養・土壤・肥料大事典, pp. 799-896, 養賢堂, 東京.
- 潮田常三 (1954) : 総合養蚕学 (横山忠雄監修) 中央蚕糸協会情報部, 東京.
- 潮田常三・川原哲城 (1959) : アイソトープ利研年報, **33**, 290-301.