

十勝地方火山性土における有機物の利用に関する研究

2. 秋播小麦稈施用時のC/N比調節

松 代 平 治* 佐 藤 辰四郎**

炭素率(C/N比)の高い秋播小麦稈を土壤に施用する場合、後作物の窒素飢餓を防止し、更にある程度の窒素の無機化量を得るにはC/N比を調節する必要がある。そのC/N比調節上の諸問題を、十勝地方の火山性土において検討した。その結果速効性の尿素態窒素を用いた場合、C/N比を30以下に調節すると窒素飢餓を防ぐことができたが、施用翌年の窒素の無機化量は、無施用に比べてほとんど増加しなかった。その理由は、秋播小麦稈の分解が緩慢なために、その施用時にC/N比調節に必要な窒素を全量加えても、有機化されるのも緩慢で当初に余剰が生じ、それが硝酸などの形でその後に流亡し、利用されないためと思われた。その欠点を防ぐために、緩効度の異なる3種類のUreaform態窒素(UF-N)によりC/N比を20に調節した結果、緩効度が中位(尿素とフォルマリンの縮合モル化が2.0)のUF-Nが最も良く、無機態窒素の推移、後作物の生育がたい肥の場合に最も近かった。

緒 言

前報⁹⁾で炭素率(C/N比)の異なる作物収穫残さを十勝地方の火山性土に施用した場合、どの材料でも、土壤の無機態窒素の有機化が一度起きた後に窒素の無機化が始まること、およびその過程の進行は、収穫残さのC/N比が低いほど早いことを報告した。更に収穫残さの炭素含有率がほぼ一定である^{2,5)}ことから、残さと共に土壤に持ち込まれる窒素の量がC/N比の低いほど多く、その無機化量も多いことを明らかにした。したがってC/N比の高い収穫残さを土壤に施用し、その後の窒素の無機化を早め、且つ無機化量を多くするためには、系外から窒素を補給する必要があること、すなわちC/N比の調節が必要であることも指摘した。

本報では前報に用いたC/N比の最も高い秋播小麦

稈を土壤に施用する場合、そのC/N比をどの程度、どのように調節したらよいか、またその過程でどのような問題があるかを検討し、得られた2~3の知見を報告する。

試 験 方 法

1. 試験の種類

- (1) 速効性窒素肥料・尿素による秋播小麦稈施用時のC/N比調節試験
 - 1) C/N比調節により起きる諸変化の調査
 - 2) 目標調節C/N比に関する試験
- (2) 緩効性窒素肥料・Ureaformによる秋播小麦稈施用時のC/N比調節試験

2. 各試験の処理内容

試験(1)-1)

本試験は速効性窒素肥料・尿素による、秋播小麦稈施用時のC/N比調節により起きる諸現象を知ろうとした。前報⁹⁾と同様に細断した秋播小麦稈を、わくに充てんした乾性型火山性土(1㎡)、湿性型火山性土(0.7㎡)に加え、混合時に尿素でC/N比を50, 20に調節した区、無調節区、秋播小麦稈無施用区の4区を設け、更に比較にC/N比42のとうもろこし稈施用区

1981年6月8日受理

* 北海道立十勝農業試験場(現北海道立根釧農業試験場, 086-11 標津郡中標津町)

** 同上(現北海道立北見農業試験場, 099-14 常呂郡訓子府町)

も設けた。なお本試験は前報と平行して行い、後の3区は両者に共通であった。

試験(1)－2)

本試験はわく(1 m²)に充てんした乾性型火山性土を供試し、秋播小麦稈施用時の速効性窒素肥料・尿素によるC/N比調節目標値を知ろうとした。すなわち秋播小麦稈混合時に尿素でC/N比を50, 40, 30, 20に調節した区、および無調節区を設け、対照に秋播小麦稈無施用区、更に無施用でC/N比20区と同量の尿素のみを加えた区を設けた。

試験(2)

秋播小麦稈の分解が緩慢なので³⁾、C/N比の調節に緩効性窒素肥料を用いた。土壌はわく(1 m²)に充てんした乾性型火山性土を用い、秋播小麦稈混合時に尿素、および3種類の Ureaform (尿素とホルマリンの縮合モル化が3.0, 2.0, 1.5でそれぞれUF 3.0, UF 2.0, UF 1.5と呼称)でC/N比を20に調節した区、および無調節区を設けた。更に対照に秋播小麦稈無施用区、たい肥2,000 g/m²区も設けた。このたい肥は北海道農業試験場畑作部で乳牛糞と敷わらから生産されたきゅう肥である。また供試UFはいずれも尿素、

1メチレン2尿素、2メチレン3尿素、3メチレン4尿素的混合物と推定され、その窒素含有率はUF 3.0 : 38.8%, UF 2.0 : 36.2%, UF 1.5 : 34.0%であった。

以上に供試した土壌の化学性、水分経過などは前報で示したが⁹⁾、各肥料の施用量は表1に示した。また秋播小麦稈、とうもろこし稈、たい肥の性状は表2のとおりで、そのうち前2者の施用量は乾物で500 g/m²であった。

3. 調査項目、方法

(1) 土壌からの炭酸ガス発生量

赤塚の方法¹⁾により、地表面で呼吸鐘内に捕集した炭酸ガスをガスビペットに採り、比色定量した。

(2) 土壌の脱水素酵素活性(微生物活性)

Stevensonの方法¹⁵⁾により、T.T.C. 試薬を用いて測定した。

(3) 土壌の無機態窒素

硝酸態窒素、アンモニア態窒素を常法により抽出し、前者はフェノール硫酸法、後者は水蒸気蒸溜溜出液をネスラー試薬によりそれぞれ比色定量し、結果はその含量で示した。

表1 C/N比調節に供試した肥料

試 験 No.	小 麦 稈 C/N比	目 標 C/N比	供 試 肥 料 と 施 用 量 g/m ²				
			窒 素 量	尿 素	UF 3.0	UF 2.0	UF 1.5
(1)－1)	145	50	2.9	6.3	—	—	—
		20	9.7	21.1	—	—	—
(1)－2)	71	50	1.1	2.4	—	—	—
		40	2.0	4.3	—	—	—
		30	3.6	7.8	—	—	—
		20	6.6	14.3	—	—	—
(2)	147	20	9.1	19.8	23.5	25.1	26.8

表2 供試有機物の性状、施用時期

試 験 No.	供 試 有 機 物 の 性 状					有 機 物 施 用 時 期	
	有 機 物 名	C*	N*	C/N	水 分	乾性火山性土	湿性火山性土
(1)－1)	秋 播 小 麦 稈	44.99	0.31	145	18.05	1969. 9. 3.	1969. 9. 2.
	とうもろこし稈	45.29	1.07	42	70.32	1969. 10. 20.	1969. 10. 18.
(1)－2)	秋 播 小 麦 稈	36.90	0.52	71	11.75	1970. 9. 14.	—
(2)	秋 播 小 麦 稈	42.57	0.23	147	12.59	1972. 9. 22.	—
	た い 肥	30.46	2.38	13	76.50	1973. 5. 8.	—

* 乾物中%

(4) 窒素固定 Index

沢田の方法¹³⁾により、各土壌 50 g を 100 ml のビーカーに入れ、1,000 ppm の硫酸アンモニア溶液 5 ml を添加混合し、28℃ 48 時間培養後、常法によりアンモニア態窒素、硝酸態窒素の含量を求め、有機物無施用区の値を差し引いて窒素固定 Index とした。なお結果が(+)の場合は窒素の無機化が行われ、(-)の場合は窒素の有機化が行われていると考えた。

(5) 有機物施用土壌によるえん麦の栽培試験

試験(1)-1)：前報同様に有機物施用後一定期日に各区より土壌を採取し、1/5,000 a のポットに充てんしてえん麦を無肥料で栽培し、約 1 カ月後に抜き取って乾物重を測定した。なお土壌の採取は初年目 2 回、2, 3 年目各 3 回、計 8 回であった。

試験(1)-2)：栽培試験は行わず。

試験(2)：秋播小麦稈施用時の C/N 比調節効果は、最終的にはたい肥との比較を施肥条件でなされることが望ましい。したがって施肥でたい肥の効果がマスクされにくい少肥作物のえん麦を、秋播小麦稈などを施用したわく(1㎡)に栽培した。施肥量は 1 ㎡当り N : 3 g, P₂O₅ : 9 g, K₂O : 5 g で、出穂期に青刈り

して乾物重、3 要素含有率などを測定した。

試験結果

1. 速効性窒素肥料・尿素による秋播小麦稈施用時の C/N 比調節試験

一般に秋播小麦稈施用年を除いて、処理間差が小さかったので、施用翌春以降は特に強調したい結果以外は図表での表示は省略し、文章表現に止めた。

(1) C/N 比調節により起る諸変化

まず秋播小麦稈施用年の炭酸ガス発生量の推移を図 1 に示した。乾性型火山性土においては、C/N 比を調節した方が無調節区よりガスの発生量が多く、小麦稈分解の促進が推定された。またその中で C/N 比 20 区の方が C/N 比 50 区より勝っていた。しかし施用翌年以降は秋播小麦稈施用区間の差は小さかった。

一方湿性型火山性土では、秋播小麦稈施用年は大体同様に経過したが、乾性型火山性土より C/N 比調節による炭酸ガス発生量の増加割合が若干高いと思われる。その後も C/N 比 20 区のガス発生量が常時高い傾向にある点も前者と異なっていた。また比較に設けたとうもろこし区と対比すると、施用年の秋播小麦稈

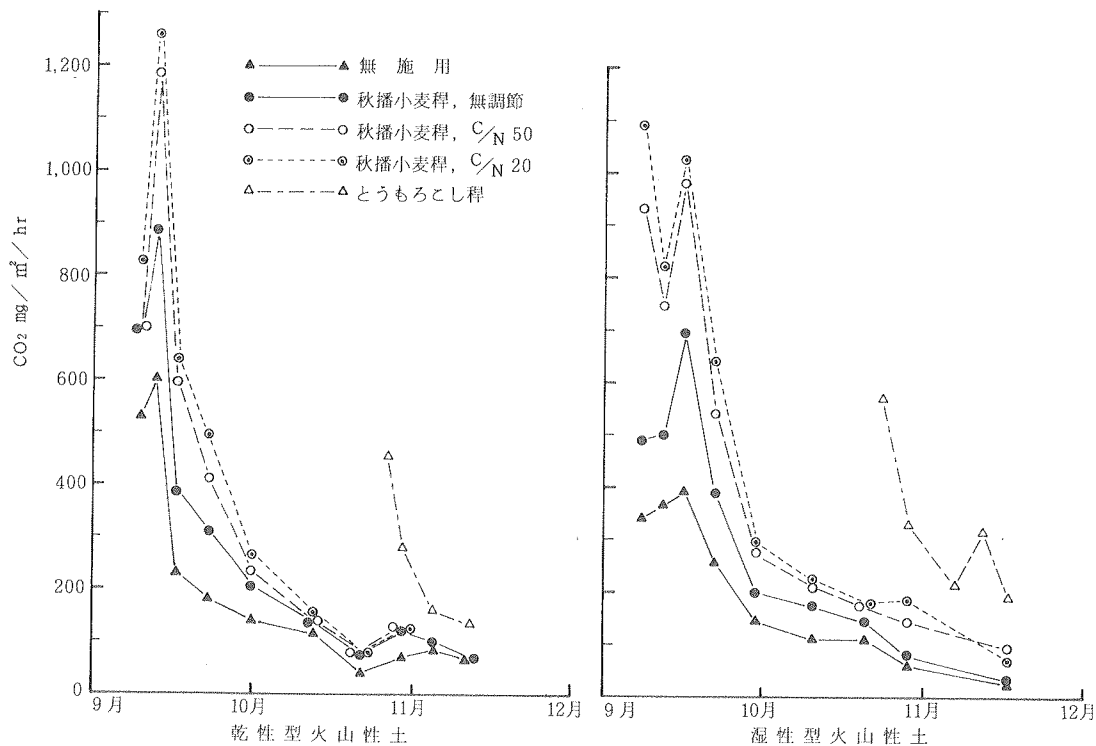


図 1 秋播小麦稈 C/N 比調節と土壌の炭酸ガス発生量 — 試験(1)-1)

区の炭酸ガス発生量は、施用期日の違いを考慮すれば、C/N比の調節によりとうもろこし稈区にかなり近づくように思われた。しかし全期間を通じて、両土壌ともとうもろこし稈区に及ばなかった。

次に微生物活性については、前報同様乾性型火山性土の結果のみを施用年について図2に示した。その結果全般に秋播小麦稈施用群の活性が無施用区より高く、その中でもC/N比調節系列は区間差は小さいが無調節区より高く経過した。しかしいずれもとうもろこし稈区には及ばなかった。また施用翌春以降は各収穫残さ施用区が無施用区より活性が高いが区間差は小さく、その中ではとうもろこし稈区がやや勝る場合が多かった。

更に図3には秋播小麦稈施用年の土壌の無機態窒素の推移を示した。まず乾性型火山性土において、C/N比無調節区が小麦稈無施用区より低い値を示したことはいうまでもない。次にC/N比20区が極めて高い値で推移したのに対し、C/N比50区が初めの1カ月は無施用区より高く経過したが、その後逆転した。一方湿性型火山性土では無調節区、C/N比20区は乾性型火山性土と同様であったが、C/N比50区は施用後2週間で既に小麦稈無施用区より低い値を示した。これは湿性型火山性土では、秋播小麦稈の分解に伴う無機態窒素の有機化が、乾性型火山性土より早いことを示

している。また材料自体のC/N比が42のとうもろこし稈区が当初から窒素の有機化を起こす点も含めて、この土壌間差は興味深い。

秋播小麦稈施用翌年は、両土壌とも程度の差はあるが同様の傾向にあったので、処理間差がより明りょうな湿性型火山性土の結果を表3に示した。特徴的なこ

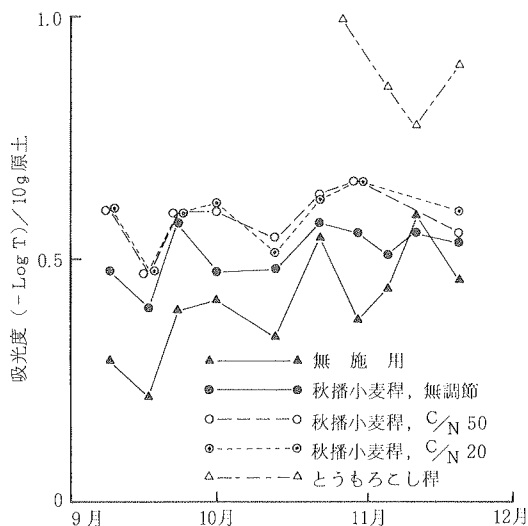


図2 秋播小麦稈C/N比調節と土壌の脱水素酵素活性——試験(1)–(1)

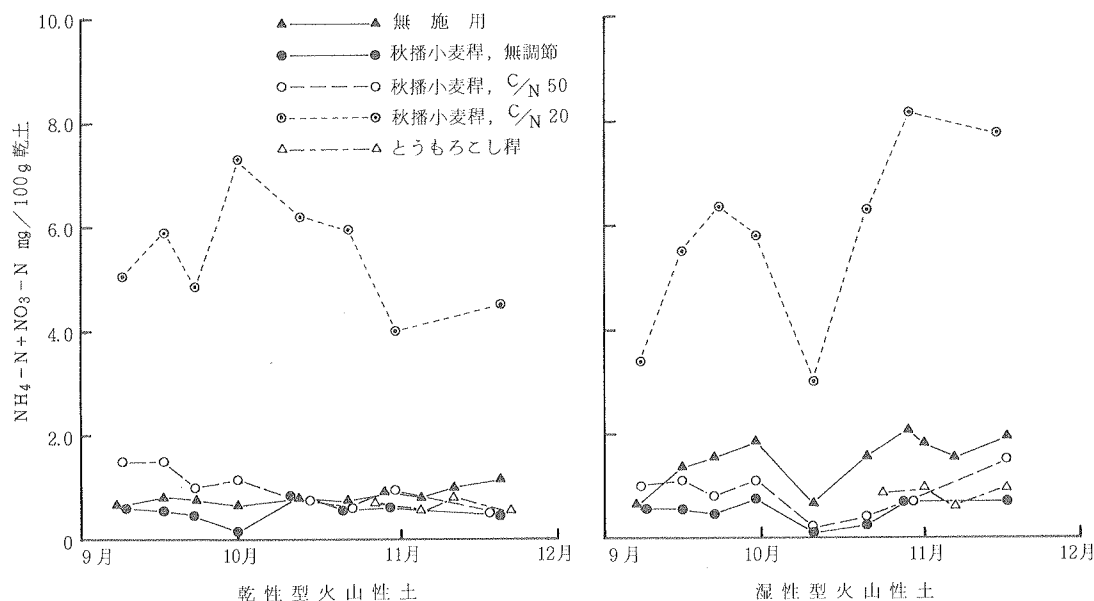


図3 秋播小麦稈C/N比調節と土壌の無機態窒素——試験(1)–(1) 施用年

とはC/N比調節区の無機態窒素が、いずれも秋播小麦無施用区と大差がなく、無機化量の増加が極めて少なかった点である。特にC/N比20区は持込み窒素量が11.3kg/10aにも達するのに、C/N比42のとうもろこし区(窒素量5.4kg/10a)よりもかなり劣った。またC/N比50区は、施用年は窒素飢餓を起こしたが、翌春はほとんどその心配がないこともわかった。

次にその土壌を用いてポットに栽培したえん麦の生

育状況を前述の結果と対比すると(図4)、土壌の無機態窒素の動きが極めてよく反映されていた。すなわち乾性型火山性土では、当初C/N比調節区はいずれも秋播小麦無施用区よりえん麦の生育が良かったが、10月採取土壌ではC/N比50区のえん麦がとうもろこし区と同程度の窒素飢餓を示す生育となった。しかし翌春にはC/N比調節区はいずれも小麦無施用区と同程度となり、しかもこの頃から窒素の無機化の始

表 3 秋播小麦C/N比調節と土壌の無機態窒素 — 試験(1) - 1) 施用翌年

処理区別	月/日	5 / 16	6 / 8	7 / 6	8 / 5	9 / 7	10 / 12
無 施 用		0.38	1.46	1.82	1.78	2.21	1.46
秋播小麦無調節		0.37	1.15	1.75	2.04	2.60	1.47
秋播小麦C/N 50		0.42	1.31	2.02	2.19	2.28	1.68
秋播小麦C/N 20		0.46	1.50	2.04	2.34	2.37	1.22
とうもろこし		0.41	1.79	2.10	2.53	3.07	3.48

注 1. 数値はmg/100g 乾土

2. 湿性型火山性土の値

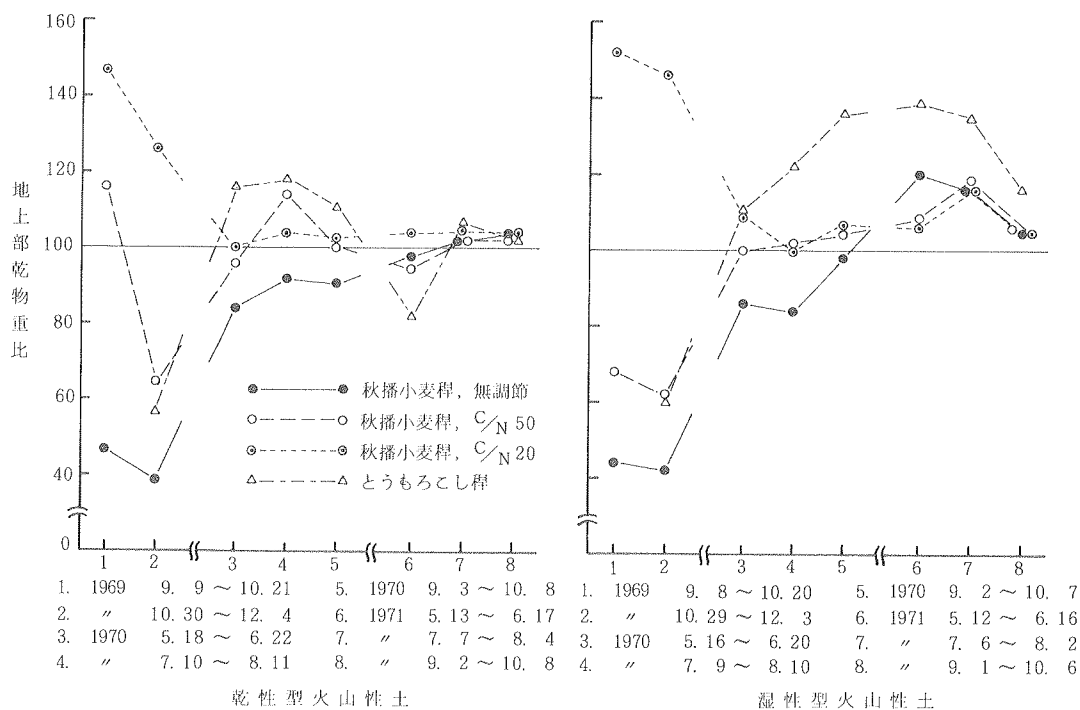


図 4 秋播小麦C/N比調節と、その施用土壌におけるえん麦の生育 — 試験(1) - 1)
(有機物無施用を100とした値)

まったとうもろこし稈区よりかなり劣った。また施用翌々年には各区の差は非常に小さくなった。

一方湿性型火山性土では、初年目のC/N比20区のエン麦の生育は格段に良かったが、C/N比50区は最初からとうもろこし稈区同様の不良な生育を示した点が異なり、土壌の無機態窒素の動きとよく対応していた。また翌春以降は程度の差はあるが乾性型火山性土と同様に経過した。なお両土壌ともC/N比無調節区が、施用年から翌年にかけて秋播小麦稈無施用区より劣り、3年目によりやく窒素の無機化を示すようなエン麦の生育を示したことは前報⁹⁾でも報告したとおりである。

以上の結果、秋播小麦稈施用時の速効性窒素肥料・尿素によるC/N比の調節には、微生物活性のある程度の増大と、窒素飢餓防止の効果は認められるが、無機化窒素量増加の効果は少ないと思われた。またC/N比調節値は50では不十分で、20であればよかった。

(2) 目標調節C/N比

前試験の結果から、秋播小麦稈施用時の速効性窒素肥料・尿素によるC/N比の調節は、無機化窒素量の増加には問題があっても、窒素飢餓防止の効果はある

ので、その目標C/N比を知ろうとした。しかし既往の結果同様に秋播小麦稈施用翌年の処理間差は極めて小さかったので、土壌分析の結果は小麦稈施用当年は無機態窒素量、翌年は窒素固定 Index で示した(表4, 5)。その結果秋播小麦稈施用当年の無機態窒素量は、C/N比30以下の区が常時無施用区より多く、施用翌年はC/N比40以下の区の窒素固定 Index が(+)を示した。したがって小麦稈施用当年、翌年とも併せて窒素飢餓の起きるのを防ぐには、C/N比を30以下にするとよく、施用翌年のみでは40でもよいと思われた。またこれらの結果は大体過去に言われている値の範囲¹⁶⁾にあった。

次に表4で秋播小麦稈無施用でC/N比20区と同量の窒素を施用した区をC/N比20区と対比すると、秋播小麦稈施用当年は両区とも小麦稈無施用(無窒素)区より無機態窒素がかなり多い状態の中で、前者は後者より1~2mg/100g多いだけであった。しかし翌春は両区間差、および両区と無施用区との差はほとんど認められなかった。以上の点や、秋播小麦稈の分解が極めて緩慢であること³⁾から、秋播小麦稈C/N比20区の当初の多量の無機態窒素は、急速に無機化する尿

表4 秋播小麦稈C/N比調節と土壌の無機態窒素 — 試験(1) - 2)

年次 月/日 処理区別	1970						1971	
	9 / 17	9 / 21	9 / 28	10 / 7	10 / 19	11 / 4	5 / 28	6 / 24
無 施 用	1.33	0.68	0.59	1.03	0.83	0.20	0.58	0.74
秋 播 小 麦 稈 無 調 節	0.85	0.52	0.34	0.77	0.41	0.04	0.16	0.72
秋播小麦稈C/N50	2.56	0.87	0.68	0.76	0.46	0.05	0.24	0.72
秋播小麦稈C/N40	2.66	1.53	1.44	0.81	0.52	0.09	0.48	0.72
秋播小麦稈C/N30	3.42	2.70	1.36	1.29	1.23	0.41	0.49	0.76
秋播小麦稈C/N20	6.00	3.49	2.15	1.79	2.17	1.00	0.47	0.80
無施用C/N20同量N	7.05	4.74	4.18	3.53	3.98	1.92	0.45	0.78

注) 数値はmg/100g乾土

表5 秋播小麦稈C/N比調節と土壌の窒素固定 Index — 試験(1) - 2)

処理区別	5 / 15	5 / 28	6 / 14	6 / 24	7 / 8	7 / 23	8 / 6	9 / 14	10 / 4
秋 播 小 麦 稈 無 調 節	- 0.35	- 0.08	+ 0.54	- 0.10	- 0.57	± 0.	+ 0.85	+ 0.40	+ 0.51
秋播小麦稈C/N50	- 0.33	- 0.78	+ 0.64	± 0.	- 0.18	- 0.53	+ 0.41	+ 0.42	+ 0.97
秋播小麦稈C/N40	+ 0.18	+ 0.50	+ 0.68	+ 0.31	+ 0.13	+ 0.85	+ 0.27	+ 0.50	+ 0.96
秋播小麦稈C/N30	+ 0.02	+ 0.33	+ 0.53	+ 0.48	+ 0.40	+ 0.15	+ 0.61	+ 0.25	+ 0.29
秋播小麦稈C/N20	± 0.	+ 0.07	+ 0.30	+ 0.54	+ 0.10	+ 0.89	+ 0.47	+ 0.53	+ 0.85

注) 数値はmg/100g乾土

素由来の窒素が、秋播小麦稈の分解により一部分しか有機化されないための結果で、小麦稈の窒素が既に無機化段階に入ったことを示すものではない。したがってその無機態窒素の多くは硝酸などの形で流亡する¹⁰⁾と思われた。したがってその後は当初に有機化された窒素の無機化と、更に継続している小麦稈の分解によるその無機化窒素の再有機化の繰り返しが起きていて、

無機化窒素量が増大しないと判断された。

なお本試験で窒素固定 Index を測定した場合の無機態窒素の内容で、硝酸態窒素の割合がC/N比調節区で高い傾向が認められた。これは坂井が指摘しているように¹²⁾、秋の窒素施用により硝酸化成菌数が増加し、春の硝酸化能力が高まったためであろう(表6)。

表 6 秋播小麦稈C/N比調節と土壤の硝酸化成能

項目 処理 区 別	培 養 後 の 無 機 能 N				硝 酸 化** 成 菌 数
	NO ₃ - N*	NH ₄ - N*	合 計*	NO ₃ - N割合	
無 施 用	1.23	11.81	13.04	9.4	65 × 10 ²
秋 播 小 麦 稈 無 調 節	0.94	12.02	12.96	7.3	48 × 10 ²
秋 播 小 麦 稈 C / N 40	1.42	12.12	13.54	10.5	158 × 10 ²
秋 播 小 麦 稈 C / N 20	2.06	11.05	13.11	15.7	340 × 10 ²
無施用 C / N 20 同量 N	2.11	10.87	12.98	16.3	102 × 10 ²

注 1. いずれも 1971 年 5 月 28 日採取土壌の結果

* mg/100 g 乾土

** Stephenson 氏培地使用の稀釈頻度法による乾土 1 g 当りの数値

2. 緩効性窒素肥料・Ureaform による秋播小麦稈施用時のC/N比調節試験

試験 1 により、秋播小麦稈施用時のC/N比調節には緩効性窒素肥料の使用が望ましいと思われるので、その点を確認しようとした。まず土壌からの炭酸ガス発生量は(表7)、C/N比調節区はいずれも無調節区より多く、特にUF 3.0 区、UF 2.0 区の量が多くて、緩効性であるが炭酸ガスの発生を促進することが認められた。これは尿素区が当初に特に無機態窒素の生成が多い⁷⁾(表8)ため、微生物活性が若干押えられたのに対し、前述の2区は適度に窒素が無機化するためと思われた。しかしその差のもとになる土壌の脱水素酵素活性では(表7)、C/N比調節区間の差は小さ

かった。また秋播小麦稈施用翌年は、両項目とも小麦稈施用区間の差は僅かであった。

次に土壌の無機態窒素は(表8)、秋播小麦稈施用年では尿素でC/N比を調節した区が最も多く、次いでUF 3.0 区、UF 2.0 区、UF 1.5 区の順となり、尿素とフォルマリンの縮合モル化が低いほど緩効性が高いという石塚・高岸の結果⁷⁾と一致した。しかし翌年にはUF 2.0 区の無機態窒素が最も多く、次いでUF 3.0 区、UF 1.5 区の順で、緩効度が中位のものがよい結果となった。特にUF 2.0 区がたい肥区に近い値を示したことは注目してよい。

以上の結果が、実際のえん麦の生育にどのように反映したかを見たのが表9である。その結果えん麦の生

表 7 秋播小麦稈C/N比調節と土壤の炭酸ガス発生量、脱水素酵素活性 — 試験(2)

項目 月/日 処理 区 別	CO ₂ 発生量 mg / m ² / hr					T.T.C. 反応 - Log T				
	9 / 25	9 / 28	10 / 5	10 / 17	10 / 30	9 / 25	9 / 28	10 / 5	10 / 17	10 / 30
無 施 用	435	362	342	251	127	0.211	0.209	0.243	0.229	0.216
秋 播 小 麦 稈 無 調 節	515	492	853	527	162	0.394	0.369	0.455	0.352	0.314
秋 播 小 麦 稈 尿 素	881	781	970	593	173	0.440	0.430	0.430	0.367	0.393
秋 播 小 麦 稈 UF 3.0	1,235	737	1,103	684	214	0.439	0.411	0.440	0.343	0.381
秋 播 小 麦 稈 UF 2.0	1,213	704	1,118	693	206	0.449	0.383	0.480	0.326	0.381
秋 播 小 麦 稈 UF 1.5	660	631	947	544	167	0.438	0.389	0.490	0.363	0.377

表8 秋播小麦稈C/N比調節と土壌の無機態窒素 —— 試験(2)

年次 月/日 処理 区 別	1972					1973				
	9/25	9/28	10/5	10/17	10/30	5/23	6/11	6/26	7/10	7/23
無 施 用	0.94	0.91	0.85	0.48	1.36	1.40	1.79	2.30	2.31	2.84
秋播小麦稈無調節	0.71	0.77	0.62	0.26	1.24	1.02	1.10	1.32	1.15	1.41
秋播小麦稈尿素	6.70	7.51	2.38	0.51	1.40	1.24	1.52	1.97	1.97	2.76
秋播小麦稈UF3.0	3.01	2.84	1.24	0.82	1.54	1.63	2.14	3.03	2.87	3.97
秋播小麦稈UF2.0	1.79	1.68	0.73	0.38	1.46	1.86	2.78	3.44	3.26	4.65
秋播小麦稈UF1.5	0.91	0.97	0.65	0.28	1.48	1.27	1.76	2.37	2.56	3.24
た い 肥	—	—	—	—	—	1.96	2.38	3.07	3.28	4.96

注) 数値はmg/100g乾土

表9 秋播小麦稈C/N比調節とえん麦の生育 —— 試験(2)

項 目 処理 区 別	えん麦の生育, 収量			作物体分析値*		
	草 丈 cm	乾物 g/m ²	乾物 比率	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
無 施 用	111.0	560	100	0.85	0.17	1.52
秋播小麦稈無調節	107.7	523	93	0.81	0.21	1.52
秋播小麦稈尿素	115.8	585	104	0.79	0.18	1.67
秋播小麦稈UF3.0	121.3	673	120	0.95	0.21	1.51
秋播小麦稈UF2.0	119.7	699	125	0.91	0.22	1.71
秋播小麦稈UF1.5	115.3	643	115	0.88	0.22	1.84
た い 肥	118.7	727	130	0.81	0.31	1.71

注1. 播種: 1973年5月10日

2. 収穫: 1973年7月27日

* 乾物中%

育は土壌の無機態窒素の動きを極めてよく反映していた。すなわちその乾物重はたい肥区が最高で、UF 2.0区がこれに続き、以下UF 3.0区、UF 1.5区、尿素区秋播小麦稈無施用区、秋播小麦稈無調節区と順次していた。次に作物体分析結果では、一般にUF区の窒素含有率が高いが、燐酸はたい肥区が最も高く、その点が両者の特徴とみられた。またかりは有機物施用区が全般に高い傾向にあった。なお尿素区が小麦稈無施用区より土壌の無機態窒素がやや少ないのに、えん麦の生育が若干良かったのは、施肥条件で栽培されたために、秋に有機化された窒素の春の無機化に際し、その再有機化が根圏では肥料によりある程度防がれたためであろう。この点は試験(1)―(2)で、C/N比20区の窒素固定 Index が(+)を示したことから理解されよう。

考 察

C/N比の高い有機物は、そのまま土壌に施用すると、その分解に働く微生物の菌体合成に必要な窒素が炭素に比べて少ないために、土壌の無機態窒素が利用、有機化されるので、作物は窒素飢餓を起こすことが古くから知られている。したがってそのような材料はあらかじめたい積、腐熟させ、C/N比を下げてたい肥として施用された。またそのたい肥化をさせるために、薬稈類は家畜糞尿の混じった状態できゅう肥としてたい積するか、窒素質肥料を加えて人造きゅう肥としてたい積する⁸⁾ことが勧められてきた。しかし機械化農業の進展により、それらは直接ほ場に施用されることが多い。その場合のC/N比調節に関しては室内試験、ほ場試験の結果はある程度あるが^{6,11)}、土壌の無機態窒素の動きをほ場状態で詳しく調べた例は少ない¹³⁾。

1. 速効性窒素肥料による C/N 比調節

尿素を用いた本試験では、秋播小麦稈施用当年に C/N 比の調節による微生物活性の増大、炭酸ガス発生量の増加が認められ、小麦稈の分解が促進されると思われた。また土壌の無機態窒素の動きや、その土壌に栽培したえん麦の生育などから、C/N 比は 30 以下に調節するとよいと思われた。しかし翌春には C/N 比調節系列と小麦稈無施用区との差がほとんどなくなり、しかも窒素固定 Index でみると、この時点では C/N 比 40 でも窒素飢餓は起きていなかった。以上のことは表示は省略したが、試験(1)―(2)に設けた C/N 比 20 硫酸区の経過から、硫酸についても言えると思われた。一方 C/N 比 42 のとうもろこし稈区では、施用年の土壌の無機態窒素などが C/N 比 50 区に近い推移を示したが、翌年にはいずれの C/N 比調節区より勝った。したがって速効性窒素肥料による C/N 比の調節は、窒素飢餓防止には有効であるが、土壌の無機化窒素量増大の効果は小さく限界があり、材料自体の C/N 比とは同一視し得ないことがわかる。またその要因について次のように考えられた。すなわち秋播小麦稈施用時に、C/N 比調節に必要な窒素を速効性窒素肥料で全量施用しても、小麦稈の分解が緩慢なために³⁾(9 月施用で 11 月におけるえん麦稈の乾物減少率が約 43% に対し、秋播小麦稈は約 13%⁶⁾)当初に有機化されるのはその一部分で、残りは硝酸などの形で流亡する¹⁰⁾と思われた。またその後は当初に有機化された窒素の無機化と、更に継続している小麦稈の分解によるその無機化窒素の再有機化が繰り返されるので、差引き結果の無機態窒素の増加が僅少になると判断された。同様のことが Smith and Douglas¹⁴⁾によって認められ、秋播小麦稈による添加窒素の有機化が意外に少なく、流亡がみられている。しかし秋播小麦稈施用翌年の窒素固定 Index では、C/N 比 40 以下で(+)の値が得られているので、窒素肥料施用条件下の後作物には、C/N 比調節効果がある程度期待される。著者らの参画したは場試験⁶⁾でも、十勝農業試験場、北見農業試験場で秋播小麦稈施用時に C/N 比を 20 に調節した区の増収がみられた。

2. 緩効性窒素肥料による C/N 比調節

前述の速効性窒素肥料を用いた試験結果から、秋播小麦稈施用時の C/N 比調節には緩効性窒素肥料の利用が望ましいと思われる。沢田らは¹³⁾秋播小麦稈施用

時に、緑肥(赤クローバ)を併用するとその分解を促進させ、かつ土壌の無機態窒素を増加させ得たと報告している。この場合は緑肥の窒素(緩効性)のみならず、易分解性の炭素の添加(結局低 C/N 比材料の併用)による腐生菌の生育、無機化窒素量の増大が論ぜられている。著者らの場合は緩効性窒素肥料 Ureaform を用いたが、その結果微生物活性の増大が認められ、しかも UF 2.0 の場合には、土壌の無機態窒素、およびその土壌でのえん麦の生育を、たい肥施用の場合に近い水準にすることができた。ただ本試験では秋播小麦稈施用翌年の土壌の無機態窒素は、秋に有機化された窒素から無機化する分と、未分解の UF から無機化する分の含量として示されている。したがって土壌の可給態窒素としてどの程度が蓄積され、さらに累積施用により、それがどれ程増加するかなどの点が今後の課題である。また平井ら⁴⁾は C/N 比調節に必要な窒素量の計算について、全炭素を対象にせず 72%の硫酸不溶部分を除いてもよいことを報告している。しかしその場合でも越年時の流亡を考えれば、使用窒素肥料は緩効性のものが望ましい。この点や経済性も含めてどのような緩効性窒素資材を用い、目標調節 C/N 比をいくらにするとよいかを、今後更に検討する必要がある。

以上を総合すると次のようにとりまとめられる。すなわち秋播小麦稈を土壌に施用する場合、速効性窒素肥料で C/N 比を調節すると、窒素飢餓を防ぐ効果は認められるが、土壌の無機態窒素を積極的に増加させるに至らず、材料自体の C/N 比が低い場合と同一視し得なかった。その欠点を防ぐためには緩効性窒素肥料の使用が望ましく、その 1 例に尿素とフォルマリンの縮合モル比が 2.0 の Ureaform を用いると、たい肥施用時に近い土壌の無機態窒素の水準と、えん麦の生育が得られた。

謝 辞

本研究を行うに当たり、元十勝農業試験場長楠 隆氏より終始御懇篤な御指導を賜わった。また前十勝農業試験場土壌肥料科長野村 琥氏をはじめ同科の研究職員各位には、種々有益な御助言、御協力を頂いた。更に実験用 Ureaform は三井東圧化学株式会社北海道工業所で作成して頂いた。以上の関係諸氏に厚く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 赤塚 恵. “畑における土壌呼吸について”. 土と微生物. **7**, 12-15 (1965).
- 2) Alexander, M. “Introduction to soil microbiology”. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1961, p. 125.
- 3) 長谷部俊雄, 平井義孝, 市川信雄, 松代平治, 大垣昭一. “畑地の有機物管理による生産力向上に関する研究, IV, 道内主要畑土壤中における麦稈の分解について”. 日本土壌肥料学会講演要旨集. **19-II**, 27 (1973).
- 4) 平井義孝, 市川信雄, 長谷部俊雄. “畑地の有機物管理による生産力向上に関する研究, IX, 未分解有機物による無機態窒素の固定と施肥対策の一考察, その1, 質的な面からみたC/N比調節について”. 日本土壌肥料学会講演要旨集. **21-II**, 3 (1975).
- 5) 広瀬春郎. “各種植物遺体の有機態窒素の畑状態土壌における無機化について”. 土肥誌. **44**, 157-163 (1973).
- 6) 北海道立中央農業試験場, 十勝農業試験場, 北見農業試験場編. “地力増進を基盤とする畑作物の高度多収技術の確立に関する試験成績書”. 1973, 216 p.
- 7) 石塚喜明, 高岸秀次郎. “尿素誘導体 Ureaform の肥料的な研究, I, 試作 Ureaform 数種の Ammonification 及び Nitrification”. 土肥誌. **29**, 494-500 (1959).
- 8) ライオン, T. L., バックマン, H. O. “土壌学”. 三井進午訳. 朝倉書店, 1950, p. 434-435.
- 9) 松代平治, 佐藤辰四郎. “十勝地方火山性土における有機物の利用に関する研究, I, 作物収穫残さの施用, 分解に伴う土壌の無機態窒素の消長”. 北海道立農試集報. **45**, 7-16 (1981).
- 10) 森 哲郎, 渡辺公吉, 藤田 勇. “北海道の畑地土壌における施肥養分の動態と施肥技術の改善に関する研究, I, 十勝火山性高丘地土壌における各種窒素肥料の形態の消長”. 北海道農試彙報. **86**, 18-39 (1965).
- 11) 農林水産技術会議事務局編. “コンバイン収穫に伴う藁類処理方法とその後作および地力に及ぼす影響に関する研究”. 1972. 265 p. (研究成果60).
- 12) 坂井 弘. “土壌の硝化作用に関する研究, 8, 硝酸菌の季節変化とその要因”. 土肥誌. **31**, 331-334 (1960).
- 13) 沢田泰男, 新田一彦, 吉岡真一. “麦稈の分解と窒素の再放出に対する緑肥の影響”. 北海道農試彙報. **92**, 38-44 (1968).
- 14) Smith, J. H., Douglas, C. L. “Wheat straw decomposition in the field”. Soil Sci. Soc. Am. Proc. **35**, 269-272 (1971).
- 15) Stevenscn, I. L. “Dehydrogenase activity in soils”. Can. J. Microbiol. **5**, 229-235 (1959).
- 16) 渡辺 巖. “農業と土壌微生物”. 農山漁村文化協会, 1971, p. 60-62.

Utilization of Organic Materials in Volcanic Ash Soils Distributed Widely in Tokachi District

2. Adjustment of wide C/N ratio in winter wheat straw as applied to soil

Heiji MATSUSHIRO^{*} and Tatsushiro SATOH^{**}

Summary

When organic materials having wide C/N ratio are applied to soil, it is necessary to add nitrogen-rich substance together in order to adjust the C/N ratio. Otherwise the amount of mineral nitrogen in the soil will decrease and nitrogen starvation will occur in succeeding crop. For these reasons, the method for adjustment of C/N ratio of winter wheat straw, wide in C/N ratio, in its application to soil was examined in volcanic ash soils distributed widely in Tokachi District. Two additives were examined : Urea as a readily available nitrogen fertilizer and Ureaform as a slow release one.

The results obtained are summarized as follows:

1. Nitrogen starvation was prevented, when the C/N ratio was narrowed to less than 30 by adding Urea in autumn. But mineralized nitrogen scarcely increased in the following spring compared with a control plot which was not applied with the winter wheat straw.

2. Slow decomposition of winter wheat straw in soil caused slow immobilization of nitrogen in Urea. Therefore it is likely that only a part of the Urea nitrogen was immobilized at the early stage of the decomposition of winter wheat straw, and the rest was leached out in drainage water as nitrate nitrogen.

3. Three types of Ureaform differing in the rate of nitrogen release were thereupon examined as additives instead of Urea. Ureaform 2.0 where molar ratio of Urea : Formaldehyde=2.0, was recognized as the most effective for the present purpose. In terms of the effects on the growth of succeeding crop (oats) and the amount of mineralized nitrogen in the soil, this additive performed as good as farmyard manure.

* Hokkaido Prefectural Konsen Agricultural Experiment Station, Nakashibetsu, Hokkaido, 086-11 Japan.

** Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-14 Japan.