茶園におけるジシアンジアミド入り被覆尿素の施用効果

鹿児島県農業開発総合センター茶業部^{*1}

三浦伸之・内村浩二^{*2}・加治俊幸^{*3}・中村孝久^{*4}・

吉田真一^{*5}・勝田雅人・烏山光昭

(平成18年12月4日受理)

Effects of Application Using Coated Urea and Dicyandiamide for Tea Field

Nobuyuki Miura, Koji Uchimura,
Toshiyuki Kaji, Takahisa Nakamura,
Shinichi Yoshida, Masato Katsuda
and Mitsuaki Karasuyama

Tea Division, Kagoshima Prefectural Institute for Agricultural Development

Summary

In order to ascertain the effects of the inhibition of long-range nitrification in tea field soils, we examined the application method using coated urea and dicyandiamide (nitrification inhibitor, Dd). Our findings are described in the following.

The nitrogen release of the 70-day type of coated urea and Dd was more specifically late in early spring than was the conventional 70-day type of coated urea. On the other hand, the nitrogen release of the 40-day type of coated urea and Dd was similar the conventional 70-day type of coated urea in regard to early spring. These results show the advantage of applying the 40-day type of coated urea and Dd in the spring compared with the conventional 70-day type of coated urea.

We next compared the conventional coated urea and the coated urea and Dd when applied in a tea field in the fall, spring, and summer. Higher rates of ammonium nitrogen were found in mineral nitrogen following the application of the coated urea and Dd than following the application of the conventional coated urea. This result demonstrates the nitrification inhibition by Dd. The application of coated urea and Dd led to a rise in the recovery rate of fertilization

^{*1} 旧 鹿児島県茶業試験場 〒897-0303 鹿児島県川辺郡知覧町永里3964

^{*2} 現 鹿児島県農業開発総合センター企画調整部 〒899-3401 鹿児島県南さつま市金峰町大野2200

^{*3} 現 鹿児島県農業開発総合センター徳之島支場 〒891-8114 鹿児島県大島郡伊仙町面縄2092

^{*4} 現 鹿児島県南薩地域振興局農林水産部農政普及課 〒897-1121 鹿児島県南さつま市加世田唐仁原1954-3

^{*5} 現 鹿児島県北薩地域振興局農林水産部出水支所農政普及課 〒899-0202 鹿児島県出水市昭和町18-18

nitrogen by the tea plants, while the quality of the 2nd and 3rd tea crops improved. Moreover, the concentration of nitrogen leaching from the application of the coated urea and Dd was reduced compared to the application of the conventional coated urea.

However, 3-4 years later, the concentration of nitrogen leaching from the application of the coated urea and Dd was not reduced. Analysis of the tea field soils showed more available nitrogen following the application of the coated urea and Dd than following the application of the conventional coated urea, and even with the addition of Dd to the soil solutions, the ammonium-oxidizing bacteria following the application of the coated urea and Dd did not decrease. These results suggest that when the coated urea and Dd was applied continuously, the concentration of nitrogen leaching did not reduce. This was due to 1) the increase of nitrogen leaching derived from the accumulating available nitrogen, and 2) the suppression of the decrease of ammonium-oxidizing bacteria.

Key words: coated urea and dicyandiamide, leaching of nitrogen, nitrification inhibitor, tea field, uptake of nitrogen

1 緒 言

日本の緑茶は旨味を重要視するため、アミノ酸等の窒素含量が多いほど高品質とされ、茶園では年間窒素施用量100kg/10aを超える多量の肥料が施用されてきた¹⁾。しかし、1999年2月に硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素が、国の定める“河川および地下水の水質汚濁に係る環境基準”に設定され、施肥による茶園周辺の地下水への窒素負荷が懸念されたことから、窒素施肥量の低減対策が緊急課題となった。

茶園における効率的な施肥技術の一つとして、硝酸化成抑制剤（以下、硝化抑制剤）の利用^{2~4)}が提唱されている。硝化抑制剤の内、ジシアンジアミド（以下、Dd）を添加した効果について、西野⁵⁾は、二番茶の品質向上が認められ、窒素溶脱量は溶出の緩やかなCDU化成やIB化成と同等であったが、被覆燐硝安加里より多かったと報告している。また、加藤ら⁶⁾は、Ddが土壤中に保持される期間が1ヶ月程度と短いことを報告している。Ddを土壤中に長期間維持することから、2000年、チッソ旭肥料株式会社は、

Dd入り被覆尿素（DdLPコート）を開発した。この資材は、尿素にDdをコーティングし、更に被膜をコーティングしたものである。

そこで本報では、このDd入り被覆尿素の茶園における効果を、窒素施用量を同量としたDdコーティングのない被覆尿素（以下、被覆尿素）との比較により検討した。

2 方 法

2. 1 各施肥時期におけるDd入り被覆尿素の窒素溶出特性

市販の不織布袋（お茶パック）に、被覆尿素40日タイプ（LPコート40、窒素42%）及び被覆尿素70日タイプ（LPコート70、窒素42%）、Dd入り被覆尿素40日タイプ（DdLPコート40、窒素42%、うちDd態窒素4.2%）、Dd入り被覆尿素70日タイプ（DdLPコート70、窒素42%、うちDd態窒素4.2%）を2gずつ入れ、それらを市販のメッシュ袋（水切りネット）に重ならないように並べた。2002年9月12日及び2003年2月5日、4月30日、8月20日、2004年2月13日、5月1日に鹿児島県茶業試験場内の厚層多腐植質黒ボク土茶園のうね間深さ5cm位置に敷き、軽く覆土した。

ただし、2002年9月12日は被覆尿素40日タイプでなく、被覆尿素50日タイプ（LPコート50、窒素42%）を用いた。その後、93~140日後まで適宜回収し、硫酸分解法⁷⁾により各被覆尿素内の全窒素量を分析した。各被覆尿素の全窒素量の減少量から窒素溶出率を算出した。試験は3反復で行った。

2. 2 Dd入り被覆尿素的収量及び品質、 土壌への影響

場内の厚層多腐植質黒ボク土、‘やぶきた’樹齢約30年の成木園において、2001年8月~2004年5月の中切り更新処理まで試験を行った。表1に窒素施用量を示す。対照区は、秋肥、夏肥、春肥として被覆尿素入り有機質配合肥料（窒素成分の約50%はLPコート70）、芽出し肥として硫安を組み合わせ、年間窒素施用量を50kg/10aとした。一方、Dd区は、対照区の資材に含まれるLPコート70をDdLPコート70（3年目の春肥はDdLPコート40）に替えて、その他の資材及び窒素施用量は全て対照区と同様にした。なお、堆肥は両区とも無施用とした。両試験区は1区21.6㎡（12m×1.8m）の3反復で、摘採は乗用型摘採機で行った。荒茶加工は3反復分を1点にまとめ、2kg少量製茶機で行った。但し、試験3年目は一番茶後中切り更新をしたため、2,3の試験ほ場（後述）の二番茶を荒茶加工して、供試した。また、うね間土壌は、両区直径35mmの採土器を用いて、定期的に0~20cm及び20~40cmの層位を2カ所ずつ

採取し、よく混合した。この土壌を風乾せずに2mmの篩で篩い、無機態窒素をブレンナー法⁸⁾で測定した。なお、2004年4月28日に採取したうね間土壌からは、細根を採取し、その乾物量を測定した。

荒茶の官能審査は、形状、色沢、香気、水色、滋味を各20点満点の標準審査法で、全窒素及び遊離アミノ酸、NDF（中性デタージェント繊維）の分析は近赤外分析計（DICKEY-john社製）及び静岡製機㈱の煎茶用検量線を用いて行った。

2. 3 Dd入り被覆尿素的窒素溶脱への影響

場内の多腐植質黒ボク土、‘やぶきた’樹齢14年のライシメーター園（3.6㎡、深さ1m）において、2001年8月~2005年9月まで試験した。2. 2の試験と同様に対照区及びDd区を設置し、3反復とした。摘採は水平仕立て用（曲率半径3000mm）の可搬型摘採機で行った。地下1mにおける土壌浸透水を採取し、硝酸態窒素をイオンクロマトグラフィーにより測定した。また、うね間土壌の採取は2005年8月15日に0~20cm層位を2. 2と同様に行い、土壌分析⁸⁾を、pHはガラス電極法、全窒素は硫酸分解法、可給態窒素は中性リン酸緩衝液抽出法、無機態窒素はブレンナー法で測定した。

2. 4 Dd入り被覆尿素的連用土壌におけるアンモニア酸化細菌のDd感受性 2005年9月26日に採取した2. 3の試験の

表1 窒素施用量 (kg/10a)

区 名	秋肥 (8~9月)	春肥 (2月)	芽出し肥 (3月)	夏肥 (一番茶摘採後)	年間
対照区	10.0 ^a	20.0 ^a	7.8 ^c	12.2 ^a	50.0
Dd区	10.0 ^b	20.0 ^b	7.8 ^c	12.2 ^b	50.0

注) a: LP70入り有機質配合肥料, b: DdLP70入り有機質配合肥料
(但し、3年目春肥はDdLP40入り), c: 硫安

対照区及びDd区のうね間土壌を供試した。最確値法⁸⁾に準じ、試験管を用い、5反復で $10 \sim 10^6$ 倍に希釈した。土壌希釈液 1 mL + アンモニア酸化細菌用培地⁸⁾ 3 mL に対して、0.11 mg の Dd (一次希釈で夏肥の約 5 倍量換算) を添加し、Dd 無添加の試験管とともに、28℃ で 2 週間保温静置してアンモニア酸化細菌数を計測した。

3 結 果

3. 1 各施肥時期におけるDd入り被覆尿素的窒素溶出特性

図 1 に各施用時期における各被覆尿素から

の窒素溶出を示す。各被覆尿素的窒素溶出パターンは、2002年9月12日及び2003年8月20日の施用では比較的リニア型に近似していたが、2003年2月5日及び2004年2月13日の施用ではスーパーシグモイド型、2003年4月30日及び2004年5月1日の施用ではシグモイド型に近似していた。Dd入り被覆尿素40日タイプの窒素溶出は、2002年9月12日施用では被覆尿素50日タイプと、2003年4月30日及び2003年8月20日施用では同40日タイプと近似していたが、他の施用時期では、同40日タイプに比べて、初期の溶出率が低く、施用60日後までは同70日タイプと近似していた。一方、

図 1 各施用時期における各被覆尿素からの窒素溶出

Dd入り被覆尿素70日タイプの窒素溶出は、被覆尿素70日タイプに比べて、どの施用時期においても初期の溶出率が低く、特に、2003年2月5日及び2004年2月13日施用における施用60日後の溶出率は10%以下と著しく低かった。

3. 2 Dd入り被覆尿素の収量及び品質、土壌への影響

図2に生葉収量を示す。Dd区の生葉収量は、3年間の各茶期を通じて、対照区と同等の収量であった。

表2に対照区に対するDd区の荒茶官能審査の評点差を示す。Dd区の荒茶品質は、対

照区に比べて、1年目一番茶の滋味及び1年目二、三番茶の内質全般、2年目三番茶の内質全般、3年目の二番茶水色で優れた。2年目一番茶は香氣及び滋味で劣ったが、これはDd区に移り香による異臭が微かに認められたことが影響したと考えられた。総じて、Dd区は二、三番茶の内質が優れる傾向が認められた。

表3に荒茶の化学成分を示す。Dd区の全窒素及び遊離アミノ酸含有率は、対照区に比べて、1年目一番茶及び2年目三番茶以外の各茶期で高かった。また、Dd区のNDF含有率は、1年目二番茶で対照区より低かったが、他の時期は同等であった。

図2 生葉収量
注) 垂線は標準偏差 (以下、同様)

表2 対照区に対するDd区の荒茶官能審査の評点差

	茶期	形状	色沢	香氣	水色	滋味	合計差
1年目	一番茶	◎	—	—	—	◎	1.0
	二番茶	—	—	◎	◎	◎	3.0
	三番茶	—	—	◎	◎	◎	4.5
2年目	一番茶	—	—	▲	—	▲	-2.7
	二番茶	—	—	—	—	—	2.7
	三番茶	—	—	◎	◎	◎	4.5
3年目	一番茶	—	—	—	—	—	-2.0
	二番茶*	—	—	—	◎	—	2.5

注1) 各20点満点の標準審査法、対照区との差が1点以上は◎、－1点以下は▲
2) *はライシメーター試験における結果 (以下、同様)

表3 荒茶の化学成分

(乾物当たり%)

成分名	区名	1年目			2年目			3年目	
		一番茶	二番茶	三番茶	一番茶	二番茶	三番茶	一番茶	二番茶*
全窒素	対照区	6.2	4.2	4.2	6.1	4.9	4.9	6.7	4.3
	Dd区	6.1	4.4	4.3	6.3	5.0	4.8	6.9	4.5
遊離アミノ酸	対照区	4.4	1.9	1.6	4.1	2.1	1.3	4.4	1.0
	Dd区	4.3	2.2	1.7	4.3	2.3	1.3	4.7	1.3
NDF	対照区	17.5	25.8	25.0	18.8	22.0	20.7	16.2	22.8
	Dd区	17.6	24.6	25.1	18.3	22.0	21.5	16.0	22.9

表4 各茶期における収穫茶葉の窒素含量

(kg/10a)

区名	1年目			2年目			3年目	
	一番茶	二番茶	三番茶	一番茶	二番茶	三番茶	一番茶	二番茶*
対照区	3.2	4.5	2.8	7.0	5.1	2.7	4.7	4.3
Dd区	3.0	4.7	3.2	7.7	5.7	2.9	5.0	4.4

注) 表3の全窒素含有率を用いて、生葉水分を全て20%として算出した。

表4に各茶期における収穫茶葉の窒素含量を示す。Dd区の窒素含量は、対照区に比べて、1年目の一番茶を除き各茶期で多い傾向にあった。

図3に3年目におけるうね間中央の細根量を示す。Ddを3年間連用したDd区の細根量は、0～20cm及び20～40cmの層位で対照区と同量であった。

図4にうね間土壌中の無機態窒素を示す。

Dd区の無機態窒素は、対照区に比べて、2002年4月の0～20cm層位及び2003年3月の20～40cm層位で少なかったが、その他の時期では有意な差はなかった。一方、Dd区の硝酸態窒素は、対照区に比べて、0～20cm層位では、2002年4～6月及び2003年3月で、20～40cm層位では、2002年4～6月及び2003年3、6月で少なかった。Dd区のアモニア態窒素は、0～20cm層位では、

図3 3年目におけるうね間中央の細根量

注1) 2004年4月28日採取、直径35mmの採土器
2) 木化根は除く

2002年2月で少なかったが、2003年4月で多く、20~40cm層位では、2002年3月及び6~7月、2003年3、7月で多かった。

3. 3 Dd入り被覆尿素の窒素溶脱への影響

図5にライシメーターにおける月別土壤浸

透水量及び硝酸態窒素濃度を示す。両区の土壤浸透水量は大差なかった。年間降水量（前年9月~当年8月）は、1、4年目でそれぞれ2,648、2,569mmと場内の平年値（30年平均）と同等であったが、2、3年目ではそれぞれ2,273、1,925mmと少雨傾向であった。

図4 うね間土壌中の無機態窒素

注) 上段の印は無機態窒素、中段の印は硝酸態窒素、下段の印はアンモニア態窒素について、t検定により、**は $p<0.01$ 、*は $p<0.05$ 、○は $p<0.1$ で有意差があることを示す。

図5 月別土壤浸透水量及び硝酸態窒素濃度

注) 硝酸態窒素濃度について、t検定により、*は $p<0.05$ 、○は $p<0.1$ で有意差があることを示す。

Dd区の浸透水中の硝酸態窒素濃度は、対照区に比べて、2001年10～11月及び2002年6～8月、2003年1月で低く、特に、2002年7、8月の濃度差は、それぞれ6.6、4.0mg/Lと非常に大きかった。しかし、2004年11月及び2005年3月では、濃度差は小さいものの、逆にDd区の濃度が高くなった。

また、表5にライシメーター4年目におけるうね間土壌の化学性を示す。4年経過後のDd区のうね間土壌は、対照区に比べて、全窒素に有意な差はなかったが、可給態窒素は多かった。

3. 4 Dd入り被覆尿素の連用土壌におけるアンモニア酸化細菌のDd感受性

図6に4年目におけるうね間土壌中のアン

モニア酸化細菌数を示す。4年経過後のアンモニア酸化細菌数は両区の土壌ではほぼ同等であった。しかし、その希釈液にDdを添加すると、対照区ではアンモニア酸化細菌が減少したが、Dd区では減少しなかった。

4 考 察

茶園におけるDd入り被覆尿素の施用効果を、窒素施用量を同量の50kg/10aとした被覆尿素との比較により検討した。

まず、各施肥時期におけるDd入り被覆尿素の窒素溶出特性を調べたところ、8～9月の秋肥時期施用ではリニア型、4～5月の夏肥時期施用ではシグモイド型、2月の春肥時期施用ではスーパーシグモイド型に近似しており、他の被覆尿素と同様で温度依存性が高

表5 4年目におけるうね間土壌の化学性 (乾土当たり)

区名	pH (H ₂ O)	全窒素 g/100g	可給態 窒素 mg/100g	無機態窒素	
				NH ₄ -N	NO ₃ -N
対照区	3.53	0.94	11.5	12.8	14.6
Dd区	3.63	1.03	19.3*	9.7	14.0

注1) 0～20cm層位、2005年8月15日採土

2) t検定により、*は $p<0.05$ で有意差があることを示す。

図6 4年目におけるうね間土壌中のアンモニア酸化細菌

注) 0～20cm層位、2005年9月26日採土

かった⁹⁾。しかし、Dd入り被覆尿素40及び70日タイプの窒素溶出はいずれも被覆尿素に比べて初期溶出が遅く、特にDd入り被覆尿素70日タイプでは、春肥時期の溶出が著しく遅かった。同40日タイプでも春肥時期の初期溶出が遅かったが、被覆尿素70日タイプと同程度であった。その原因として、尿素にDdと被膜を二重にコーティングしているDd入り被覆尿素的構造上の理由が考えられた。これらのことから、Dd入りの効果を被覆尿素70日タイプと比較するためには、特に春肥施用ではDd入り被覆尿素70日タイプより同40日タイプが望ましいと考えられた。

次に、秋肥及び春肥、夏肥にDd入り被覆尿素有うね間に施用して茶の収量及び品質、うね間土壌への影響を検討した。Dd区の生葉収量は3年間の各茶期通じて、対照区と差はなかったが、荒茶の全窒素及び遊離アミノ酸含有率が2年目の三番茶を除いて高く、二、三番茶の香気・水色・滋味で優れた。更に、収穫茶葉の窒素含量が1年目の一番茶以降増加傾向にあったことから、Dd入り被覆尿素有の施用による窒素吸収量の増加が、二、三番茶の品質向上に寄与したと考えられた。このことは、5月にDd添加肥料を用いると、二番茶の窒素含有率や品質が向上した西野⁵⁾の結果と類似していた。また、3年目におけるうね間の細根量は両区とも差はなく、Ddがチャの根の生育に影響を及ぼすことはないと考えられた。一方、うね間土壌におけるDd区の無機態窒素は、1年目の4月の0~20cm層位で少なかったが、これは春肥に溶出の遅いDd入り被覆尿素70日タイプを施用したためと考えられた。しかし、Dd区の硝酸態窒素は1、2年目の3~6月の各層位で少なく、Dd区のアンモニア態窒素は、2年目の4月の0~20cm層位、1、2年目の3~7月の20~40cm層位で多く推移したことは、Ddによる硝化抑制効果によるものと考えられた。石垣¹⁰⁾は、チャは野菜類と異な

り、土壌中の硝酸よりもアンモニアを優先的に吸収する好アンモニア性作物であり、培養液中の無機態窒素に占めるアンモニア態窒素比率が高い場合、一番茶の窒素及びアミノ酸含有率が高くなることを報告している。従って、本研究における硝化抑制によるうね間土壌中のアンモニア態窒素比率の向上は、荒茶の全窒素及びアミノ酸含有率を高めて、荒茶品質の向上に寄与したと考えられた。

次に、窒素溶脱への影響について、ライシメーターで検討した。Dd区の浸透水中の硝酸態窒素濃度は、対照区に比べて、1、2年目は低く推移し、特に1年目の2002年7~8月に顕著な差が認められた。このことは、Ddの施用により硝酸態窒素の生成が抑えられたためと考えられた。

一方、図5、6で示すように、2004年のうね間土壌中のアンモニア態窒素比率は両区差がなく、2004年11月や2005年3月の溶脱窒素濃度はDd区で逆に高くなった。うね間の跡地土壌を分析した結果、可給態窒素がDd区で対照区より多かったことから、Ddの施用により、1~2年目に溶脱が抑えられたうね間土壌中のアンモニア態窒素が、有機化して蓄積し、3~4年目に溶脱した可能性が考えられた。また、うね間土壌のアンモニア酸化細菌を調べたところ、Ddの添加により対照区ではアンモニア酸化細菌数が減少したが、Dd区では減少しなかった。このことは、Dd入り被覆尿素有の連用によりアンモニア酸化細菌のDdに対する感受性が低下したことや、Ddに耐性のある硝化菌が優性になったこと、Ddを分解する微生物が増加したこと等の可能性が推測された。

以上の結果から、秋肥及び春肥、夏肥でDd入り被覆尿素有を利用すると、Ddの硝化抑制作用により、被覆尿素有を利用した場合に比べて窒素溶脱が低減し、施肥窒素有の吸収率が高まることで、二、三番茶の品質が向上することが明らかとなった。しかし、Ddを年間

を通じて連用することにより、可給態窒素の増加に伴う窒素溶脱の増加や、Ddの施用過剰による硝化抑制効果の低下の可能性が認められたことから、効果の持続性を高める施用方法を検討する必要があると思われる。

5 摘 要

茶園土壌における長期間の硝化抑制効果を目的として、硝化抑制剤Ddと尿素を被覆したDd入り被覆尿素の施用技術を検討した。Dd入り被覆尿素70日タイプの溶出は、被覆尿素70日タイプより、特に低温時期で溶出が著しく遅かった。被覆尿素70日タイプと同じ溶出特性を得るためには、春肥ではDd入り被覆尿素40日タイプの施用が望ましいと考えられた。また、秋肥及び夏肥、春肥でDd入り被覆尿素を利用すると、Ddの硝化抑制作用により、被覆尿素よりも窒素溶脱が低減し、施肥窒素の吸収率が高まることで、二、三番茶の品質が向上した。しかし、Dd入り被覆尿素を年間を通じて連用すると、3～4年目はうね間土壌中に蓄積した窒素の分解や、アンモニア酸化細菌による硝化の抑制が低下することにより、溶脱窒素濃度が低下しない可能性が認められた。

6 謝 辞

本研究の実施にあたってご協力いただいたJA鹿児島県経済連肥料農薬課、チッソ旭肥料株式会社、鹿児島県茶業試験場の関係各位、アンモニア酸化細菌についてご助言いただいた山口大学農学部横山和平教授には、深く感謝申し上げます。

7 引 用 文 献

- 1) 淵之上康元・淵之上弘子(1999)：日本茶全書，農文協，東京，pp.41，82-87.
- 2) 早津雅仁・松本幸典・三宅浩史・徳田進一・中島田誠(1992)：茶園土壌の硝酸化成抑制法(1) - 各種硝化抑制剤の効果.

- 茶研報，No.76 (別)，60-61.
- 3) 西野恒夫(1993)：茶園土壌における硝酸化成抑制肥料及び硝酸化成抑制の効果(第1報)．茶研報，No.78 (別)，52-53.
- 4) 野中一弥・中島田誠(2005)：強酸性土壌における硝酸化成抑制剤の効果．茶研報，No.100，76-77.
- 5) 西野恒夫(1999)：茶の収量・品質に及ぼす施肥の影響と窒素溶脱軽減対策．高知県農業技術センター研究報告，No.8，83-93.
- 6) 加藤忠司・山口泰明・溝口健作(1996)：石灰窒素及びジシアンジアミド施用茶園における無機態窒素の動態．茶研報，No.84 (別)，134-135.
- 7) 越野正義編著(1988)：詳解肥料分析法(第二改訂)，養賢堂，東京，pp.27-31.
- 8) 土壤環境分析法編集委員会編(1997)：土壤環境分析法，博友社，東京，pp.160-262.
- 9) 伊達 昇・塩崎尚郎編著(1997)：肥料便覧第5版，農文協，東京，pp.90-107.
- 10) 石垣幸三(1978)：茶樹の栄養特性に関する研究．茶業試験場研究報告，No.14，1-152.