

緑肥作物の窒素吸収特性と硝酸態窒素溶脱抑制効果

原田浩司・八槇 敦・山本幸洋

キーワード：緑肥作物, 窒素吸収量, 溶脱抑制, 硝酸態窒素, 環境負荷低減

I 緒 言

窒素は作物の生育に最も大きな影響を及ぼす養分である。そのため、経営的に十分な収量を上げるための必要量が、都道府県が発行している施肥基準などに示されている。この基準の多くは吸収量を超える量となっている。これは、施用した窒素のすべてを作物が利用することは困難であり、十分な収量を得るためには吸収量以上の窒素を施用する必要があるためである。

一方、公共用水域と地下水に含まれる硝酸態及び亜硝酸態窒素の環境基準値は、1999年に10mg/L以下と定められた。しかし、畑地の浅い井戸水や浅層地下水などからこの基準を超える硝酸態窒素が検出される事例が報告されている(小川ら, 1979; 日高・伊藤, 1987; 郡山・田中, 2002; 山田ら, 2002)。千葉県内においても野菜生産が盛んな下総台地の湧水で、基準値を超過する事例がみられる(真行寺ら, 2006)。これら硝酸態窒素による汚染原因は、生活排水、農地における肥料や家畜排せつ物など多岐にわたっており、環境省からは農業分野も含めた対策方針が示されている(環境省, 2009)。

このような背景から、近年では十分な収量を確保しつつ、施肥窒素が環境に及ぼす負荷を軽減する肥効調節型肥料の活用法や局所施肥法など環境保全型農業技術が開発されている(松丸, 2003)。そうした技術の中で著者らは、緑肥作物によって硝酸態窒素の溶脱を抑制し、さらに緑肥作物が吸収した窒素を、その後の作物で利用する栽培体系に着目した。濱戸ら(2005)は15kg/10aの窒素を施用して栽培したソルガムの窒素吸収量が17kg/10a以上であること、また中野ら(2002)はニンジン栽培跡地の深さ0~5cmに硝酸態窒素が30mg/100g程度残存する圃場で栽培したソルガムの窒素吸収量は20kg/10a以上であることを報告している。このように、ソルガムの施肥窒素利用率あるいは土壌残存窒素の利用率が比較的高いことが示されている。さらに中野ら(2002)は、ソルガムがニンジン栽培跡の畑に残存した硝

酸態窒素を吸収し、地下への溶脱を抑制することも明らかにしている。

しかし、作物栽培跡地に残存する硝酸態窒素の量と深さ別の分布は、施肥窒素量、栽培期間及びマルチなど被覆の有無によって異なる(八槇, 2011)。このため、緑肥作物栽培による硝酸態窒素溶脱抑制効果を用いた環境保全型農業技術を確立するためには、表層に残存する硝酸態窒素だけではなく、下層まで浸透した硝酸態窒素を想定した技術が必要である。また、緑肥作物は線虫害抑制を目的としても導入されることから、各種緑肥作物における土壌からの窒素吸収特性の把握も重要である。そこで、本報では県内の主要な畑土壌である黒ボク土において、数種類の緑肥作物を用いて硝酸態窒素が残存する深さが異なる条件で試験を実施し、窒素吸収特性を明らかにするとともに、土壌中硝酸態窒素量から硝酸態窒素の溶脱抑制効果の評価を試みた。

II 材料及び方法

1. 試験区の構成

試験は、2009年7月から2010年5月に千葉県農林総合研究センター(千葉市)内の露地畑圃場(腐植質普通黒ボク土)で実施した。試験圃場では2007年までスイカ栽培を行い、その一部の区画で2008年に夏作緑肥作物を栽培し、2009年に夏作栽培試験を行った。また、2008年に無作付けであった区画で、2009年~2010年に冬作栽培試験を行った。夏作及び冬作の緑肥作物において、異なる深さに残存する硝酸態窒素の吸収特性を明らかにするために、時期を変えて窒素を施用し、播種時に残存する硝酸態窒素の深さを下層区、中層区、上層区の3段階に変えた区を設定した。夏作では、下層区は播種から132日目の2月27日、中層区は59日目の5月11日、上層区は13日目の6月26日に硝酸カリウムを窒素で15kg/10a施用した。冬作では、下層区は播種日から86日目の9月7日、中層区は55日目の10月8日、上層区は13日目の11月19日に硝酸カリウムで窒素を15kg/10a施用した。また、同様に窒素を施用し、緑肥作物を栽培しない区を設けた(以下無栽培とする)。試験区は1区20m²(5m×4m)とし、反復は設けなかった。

受理日 2013年8月12日

本報告の概要は、2012年度日本土壌肥料学会関東支部会において発表した。

2. 緑肥作物の種類と栽培概要

夏作には、ソルガム（品種「つちたろう」、雪印種苗）及びギニアグラス（品種「ソイルクリーン」、雪印種苗）を供試した。播種量はソルガム 5kg/10a、ギニアグラス 0.5kg/10a とした。条間は 70cm とし、2009 年 7 月 9 日に播種し、地上部を刈り取った 9 月 2 日を栽培終了日とした。

冬作には、エンバク（品種「ヘイオーツ」、雪印種苗）及びイタリアンライグラス（品種「タチムシャ」、雪印種苗）を供試した。播種量はエンバク 10kg/10a、イタリアンライグラス 2kg/10a とした。条間は 70cm とし、2009 年 12 月 2 日に播種し、地上部を刈り取った 2010 年 5 月 6 日を栽培終了日とした。

3. 緑肥作物の生育と窒素吸収量

緑肥作物の生育量を調査するため、栽培終了日に各区の生育が中庸な条から 1m 間の緑肥作物を、地表下 30 cm までの根とともに採取した。採取した試料は地上部の草丈と地上部と地下部の新鮮重をそれぞれ計測し、70℃で 48 時間通風乾燥した後、乾燥重を計測した。乾燥試料は粉碎（ZM100, Retch 製を使用）後、全窒素含量（スミグラフ NC-900, (株)住化分析センター製を使用）を測定し、10a 当たりの窒素吸収量を算出した。

4. 緑肥作物栽培前後の土壤中硝酸態窒素量の収支と硝酸態窒素の溶脱抑制量の評価

試験開始前の 2009 年 6 月 3 日に圃場中央部の 1 か所を代表地点として、深さ 0~100cm まで、10 cm ごとに土壤を 100mL 容の試料円筒（大起理化学工業（株）製）で採取して、仮比重を求めた。

緑肥作物の播種前に各試験区 1 か所から、栽培終了日に各試験区の条と条間の 2 か所から深さ 0~100cm まで、10cm ごとに土壤を採取し、乾土 100g 当たりの硝酸態窒素含量を調査した。硝酸態窒素は 10%塩化カリウム溶液

で抽出し、銅・カドミウムカラム還元法により、オートアナライザー分析装置（TRAACS2000, ブラウンルーベ製）で分析した。この仮比重と硝酸態窒素含量から、栽培前後における深さ別の 10a 当たり硝酸態窒素量を算出した。また、緑肥作物による硝酸態窒素の溶脱抑制効果を評価するために、緑肥作物栽培前と栽培後の深さ 0~100cm の合計硝酸態窒素量の差（以下栽培前後の窒素量差とする）及び栽培終了時における無栽培と緑肥作物の深さ 0~100cm の合計硝酸態窒素量の差（以下無栽培との窒素量差とする）を算出した。

III 結 果

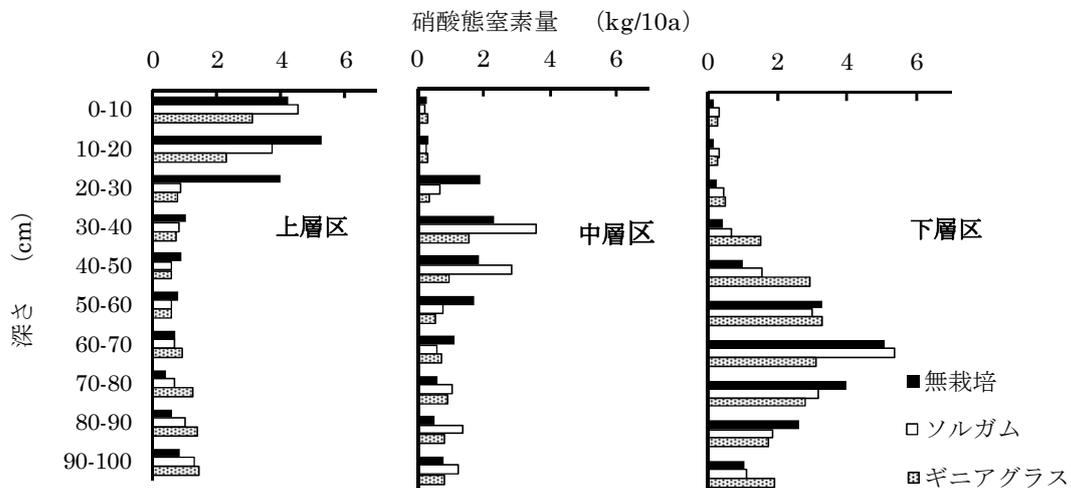
1. 緑肥作物播種前の土壤中硝酸態窒素の深さ別分布

深さ 0~100cm までの仮比重は、0.54~0.62 であった

第1表 土壤の深さ別仮比重

深さ (cm)	仮比重
0-10	0.55
10-20	0.56
20-30	0.62
30-40	0.58
40-50	0.54
50-60	0.55
60-70	0.59
70-80	0.58
80-90	0.57
90-100	0.56

（第1表）. 夏作緑肥作物播種前の硝酸態窒素量は、上層区の無栽培では深さ 0~30cm が他の深さに比べると多く、その合計硝酸態窒素量は 13.5kg/10a であった。同じくソルガム及びエンバクでは深さ 0~20cm が多く、その合計硝酸態窒素量は、それぞれ 8.2kg/10a 及び 5.4kg/10a であった。（第1図）。中層区の無栽培では深さ 20~60cm が多く、0~60cm の合計硝酸態窒素量は 8.4kg/10a であっ



第1図 夏作緑肥作物播種前の深さ別土壤中硝酸態窒素量

た. 同じくソルガム及びギニアグラスでは深さ 30~50cm が多く, 0~50cm の合計硝酸態窒素量はそれぞれ 7.6kg/10a, 3.4kg/10a であった. 下層区では, 無栽培の深さ 50~90cm, ソルガム及びギニアグラスの 50~80cm が多かった. 無栽培の深さ 0~90cm, ソルガム及びギニアグラスの 0~80cm の合計硝酸態窒素量は, それぞれ 17.0kg/10a, 14.9kg/10a 及び 14.7kg/10a であった. また, ギニアグラスでは, 深さ 50~80cm の深さ別の硝酸態窒素量に大きな差はなく, 50~100cm の合計硝酸態窒素量のうち 50%が 70cm 以下に存在していた.

冬作緑肥作物播種前の硝酸態窒素量は, 上層区では無栽培, エンバク及びイタリアンライグラスの深さ 0~20cm が他の深さに比べると多く, その合計硝酸態窒素量は, それぞれ 22.0kg/10a, 17.5kg/10a 及び 9.7kg/10a であった (第2図). 中層区では, 無栽培の深さ 20~40cm, エンバクの 20~50cm, イタリアンライグラスの 20~40cm が多かった. 無栽培の深さ 0~40cm, エンバクの 0~50cm 及びイタリアンライグラスの 0~50cm の合計硝酸態窒素量は, それぞれ 9.1kg/10a, 11.8kg/10a 及び 12.0kg/10a であった. 下層区では, 無栽培の深さ 40~70 cm, エンバ

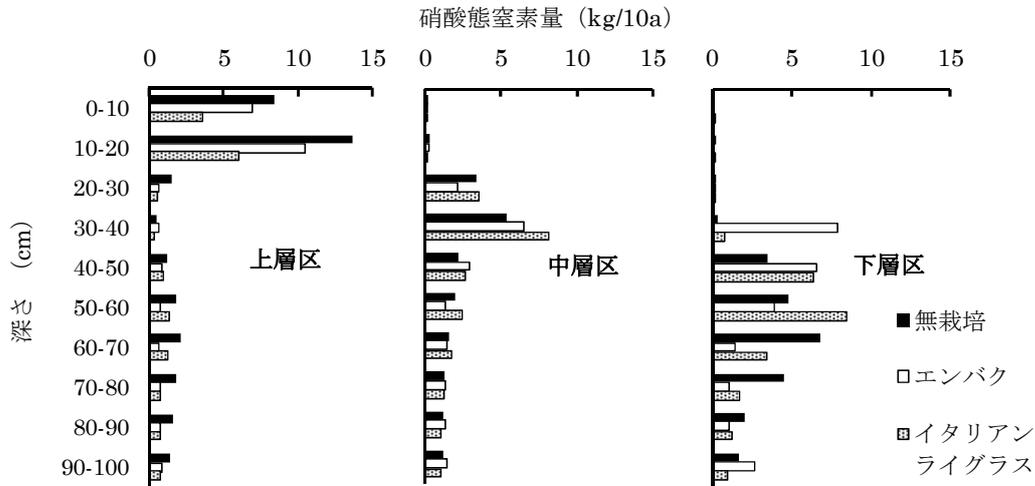
クの 30~60 cm, イタリアンライグラスの 40~70cm が多かった. 無栽培の深さ 0~80cm, エンバクの 0~60cm 及びイタリアンライグラスの 0~70cm の合計硝酸態窒素量は, それぞれ 20.4kg/10a, 18.7kg/10a 及び 19.2kg/10a であった.

2. 夏作緑肥作物の生育と窒素吸収量

上層区, 中層区及び下層区のいずれにおいても, ソルガムはギニアグラスに比べて, 草丈が高く, 地上部と地下部の新鮮重の合計 (以下新鮮重とする) 及び窒素吸収量が多かった (第2表). 上層区, 中層区及び下層区の窒素吸収量は, ソルガムがそれぞれ 18.8kg/10a, 20.4kg/10a 及び 19.8kg/10a であり, ギニアグラスがそれぞれ 16.0kg/10a, 10.3kg/10a, 5.6kg/10a であった. このように, ソルガムでは残存する硝酸態窒素の深さが異なっても窒素吸収量に大きな差はなかったが, ギニアグラスでは, 残存する硝酸態窒素が深いほど窒素吸収量が少なくなった. また, ソルガムでは上層区, 中層区及び下層区で, ギニアグラスでは上層区で, 施用量以上の窒素を吸収していた.

3. 冬作緑肥作物の生育と窒素吸収量

上層区, 中層区及び下層区のいずれにおいても, エンバ



第2図 冬作緑肥作物播種前の深さ別土壤中硝酸態窒素量

第2表 夏作緑肥作物の生育と窒素吸収量及び施用窒素利用率

試験区	緑肥作物	草丈 (cm)	新鮮重 (kg/10a)		窒素含量 (乾物当たり) (%)	窒素 吸収量 (kg/10a)	施用窒素 利用率 (%)
			合計	地下部			
上層区	ソルガム	285	7,702	287	1.96	18.8	125
	ギニアグラス	159	6,257	186	2.40	16.0	107
中層区	ソルガム	287	8,683	369	1.94	20.4	136
	ギニアグラス	160	3,821	156	2.37	10.3	69
下層区	ソルガム	278	10,337	994	1.81	19.8	132
	ギニアグラス	125	2,246	176	2.13	5.6	37

注) 施用窒素利用率 = 窒素吸収量 / 施用窒素量 (15kg/10a) × 100

第3表 冬作緑肥作物の生育と窒素吸収量及び施用窒素利用率

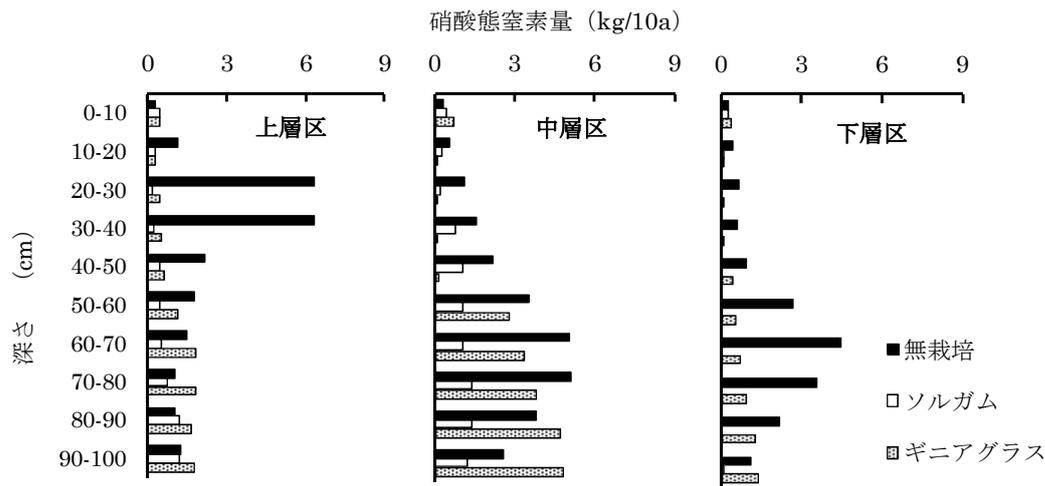
試験区	緑肥作物	草丈 (cm)	新鮮重 (kg/10a)		窒素含量 (乾物当たり) (%)	窒素 吸収量 (kg/10a)	施用窒素 利用率 (%)
			合計	地下部			
上層区	エンバク	127	5,066	168	2.31	18.1	121
	イタリアンライグラス	119	3,836	261	2.35	13.9	93
中層区	エンバク	117	5,392	314	2.09	16.9	113
	イタリアンライグラス	110	3,431	364	1.89	11.3	75
下層区	エンバク	110	4,861	342	2.15	18.7	125
	イタリアンライグラス	107	3,515	441	1.90	12.4	82

注) 施用窒素利用率 = 窒素吸収量 / 施用窒素量 (15kg/10a) × 100

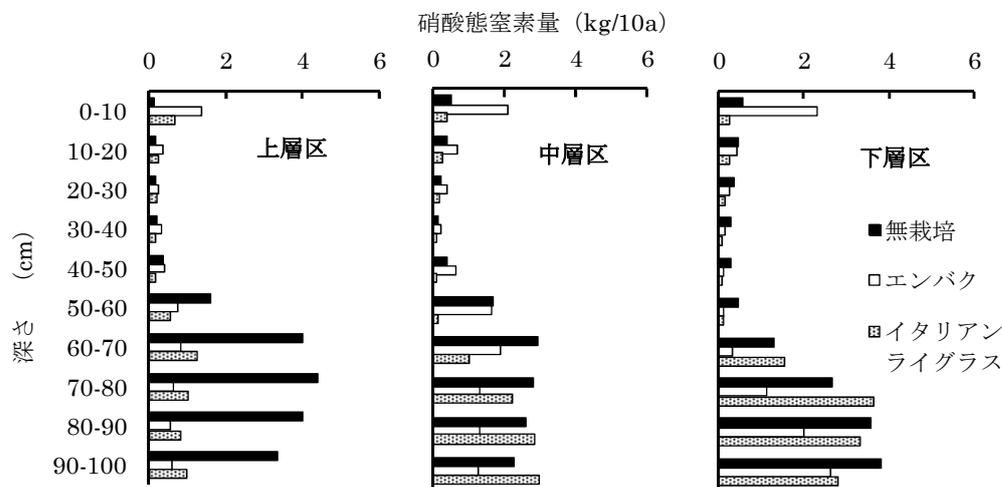
クがイタリアンライグラスより草丈が高く、新鮮重及び窒素吸収量が多かった(第3表)。上層区、中層区及び下層区の窒素吸収量は、エンバクがそれぞれ 18.1kg/10a、16.9kg/10a 及び 18.7kg/10a、イタリアンライグラスがそれぞれ 13.9kg/10a、11.3kg/10a 及び 12.4kg/10a で、両者とも残存する硝酸態窒素の深さが異なっても大きな差がなかった。また、エンバクでは施用量以上の窒素を吸収していた。

4. 夏作緑肥作物栽培後における土壌の硝酸態窒素量

夏作緑肥作物栽培終了時の硝酸態窒素量は、全ての区及び深さで条と条間の値に有意な差がなかったため、以下はその平均値を示す。上層区では、無栽培の深さ 20~40cm の硝酸態窒素量が、いずれも 6.3kg/10a で多かったのに対して、ソルガム及びギニアグラスの 20~40cm の深さ別硝酸態窒素量は、いずれも 0.5kg/10a 以下で低かった(第3図)。



第3図 夏作緑肥作物栽培終了時の深さ別土壌中硝酸態窒素量



第4図 冬作緑肥作物栽培終了時の深さ別土壌中硝酸態窒素量

中層区では、無栽培の深さ 60~80cm の硝酸態窒素量が多く、その前後を含む 50~90cm の深さ別硝酸態窒素量は 3.5~5.1kg/10a であった。それに比べて、ソルガムでは 50~90cm の深さ別硝酸態窒素量は 1.1~1.4kg/10a で大幅に少なかった。しかし、ギニアグラスでは 2.8~4.7kg/10a で、ソルガムより多く無栽培よりやや少なかった。

下層区では、無栽培の硝酸態窒素量は中層区と同じ 60~80cm が多かった。その前後を含む深さ 50~100cm の深さ別硝酸態窒素量は 2.6~4.5kg/10a であった。これに比べてソルガムでは 0.1kg/10a 以下、ギニアグラスでは 0.5~1.4kg/10a であった。

5. 冬作緑肥作物栽培後における土壌の硝酸態窒素量

冬作緑肥作物においても条と条間の値に有意な差がなかったため、以下はその平均値を示す。上層区では、無栽培の硝酸態窒素量は 70~80cm が多く、60~100cm の深さ別硝酸態窒素量は 3.3~4.4kg/10a であった。これに比べて、エンバク及びイタリアンライグラスでは、いずれも

1.3kg/10a 以下と少なかった（第 4 図）。

中層区では、無栽培の硝酸態窒素量は深さ 60cm 以下が多く、60~100cm の深さ別硝酸態窒素量は 2.3~2.9kg/10a であった。これに比べて、エンバクでは 1.2~1.9kg/10a、イタリアンライグラスでは 1.0~3.0kg/10a で、同等もしくは少なかった。

下層区では、無栽培の硝酸態窒素量は 70cm 以下が多く、60~100 cm の深さ別硝酸態窒素量は 1.3~3.8kg/10a であった。これに比べて、エンバクでは 0.3~2.6kg/10a と少なかったが、イタリアンライグラスでは 1.5~3.7kg/10a でほぼ同等であった。

6. 緑肥作物による硝酸態窒素溶脱抑制効果

ソルガムでは、栽培前後の窒素量差は上層区、中層区でそれぞれ 8.9kg/10a、3.8kg/10a と少なく、下層区で 17.3kg/10a と多かった（第 4 表）。無栽培との窒素量差は上層区、中層区及び下層区で 16.3~17.2kg/10a とほぼ同程度であった。ギニアグラスでは、栽培前後の窒素量差は上層区、中層区でそれぞれ 2.4kg/10a、-13.4kg/10a と

第4表 夏作緑肥作物栽培前後における深さ0~100cmの合計硝酸態窒素量

試験区	緑肥作物	深さ0~100cmの合計硝酸態窒素量 (kg/10a)			
		播種前	栽培後	栽培前後の差	栽培後の無栽培との差
上層区	無栽培	18.8	23.1	-4.3	—
	ソルガム	14.8	5.9	8.9	17.2
	ギニアグラス	13.2	10.8	2.4	12.3
中層区	無栽培	11.4	25.7	-14.3	—
	ソルガム	12.7	8.9	3.8	16.8
	ギニアグラス	7.1	20.5	-13.4	5.2
下層区	無栽培	18.1	16.8	1.3	—
	ソルガム	17.8	0.5	17.3	16.3
	ギニアグラス	18.4	5.8	12.6	11.0

第5表 冬作緑肥作物栽培前後における深さ0~100cmの合計硝酸態窒素量

試験区	緑肥作物	深さ0~100cmの合計硝酸態窒素量(kg/10a)			
		播種前	栽培後	栽培前後の差	栽培後の無栽培との差
上層区	無栽培	34.3	18.5	15.8	—
	エンバク	23.7	6.2	17.5	12.3
	イタリアンライグラス	16.4	6.1	10.3	12.4
中層区	無栽培	18.4	13.9	4.5	—
	エンバク	18.6	11.3	7.3	2.6
	イタリアンライグラス	22.2	10.3	11.9	3.6
下層区	無栽培	24.0	13.9	10.1	—
	エンバク	24.9	9.4	15.5	4.5
	イタリアンライグラス	23.0	12.3	10.7	1.6

少なく、下層区は 12.6kg/10a と多かった。無栽培との窒素量差は上層区、中層区及び下層区でそれぞれ 12.3kg/10a、5.2kg/10a 及び 11.0kg/10a であった。

エンバクでは、栽培前後の窒素量差は上層区、中層区及び下層区でそれぞれ 17.5kg/10a、7.3kg/10a 及び 15.5kg/10a であり、無栽培との窒素量差はそれぞれ 12.3kg/10a、2.6kg/10a 及び 4.6kg/10a であった(第5表)。イタリアンライグラスの栽培前後の窒素量差は 10.3～11.9kg/10a でほぼ同等で、無栽培との窒素量差は、上層区、中層区及び下層区でそれぞれ 12.4kg/10a、3.6kg/10a 及び 1.6kg/10a であった。

IV 考 察

1. 緑肥作物による窒素吸収量と土壌残存窒素吸収特性

これまでにトンネルニンジン跡地に栽培したソルガムの窒素吸収量は 20kg/10a を超えること(中野ら, 2002)、15kg/10a の窒素を施用したソルガムの窒素吸収量は 17kg/10a 以上であること(濱戸ら, 2005)、またエンバクは施用量とほぼ等しい 10kg/10a 程度の窒素を吸収すること(山田ら, 2013)が報告されている。本報においても、ソルガム、ギニアグラス及びエンバクはそれぞれ最大で 20.4kg/10a、16.0kg/10a 及び 18.7kg/10a と施用量以上の窒素を吸収した。これらの見かけの施用窒素利用率(窒素吸収量/窒素施用量×100)を算出すると、それぞれ 136%、107%及び 125%となる。西尾(2001)が示した露地野菜 21 品目の窒素施肥量と窒素吸収量から計算した見かけの施肥窒素利用率は 21～80%、平均 46%である。このようにソルガム、ギニアグラス及びエンバクは、施肥窒

素利用率が露地野菜に比べて大幅に高く、土壌中に残存する窒素を吸収させることに適している(第2及び3表)。

また、ソルガムでは下層区で深さ 50～80cm に硝酸態窒素が残存した条件における窒素吸収量及び施肥窒素利用率は、それぞれ 19.8kg/10a 及び 132%で高かった。エンバクも 30～60cm に硝酸態窒素が残存する条件で、それぞれ 18.7kg/10a 及び 125%と高かった。一方、ギニアグラスの窒素吸収量は、残存する硝酸態窒素が深いほど少なかった。夏作緑肥作物栽培終了時に下層区において、根の状況を目視で観察したところ、ソルガムでは根は深さ 80cm 程度まで伸長していたが、ギニアグラスは 40cm 程度であった(写真1)。ソルガム及びエンバクの根は深さ 100cm 以上まで達するともいわれており(Weaver, 1926)、今回下層に硝酸態窒素が残存する条件で、ソルガム及びエンバクの窒素吸収が多かったことは、根群の深さが影響していると推察された。

本報では、夏作及び冬作とも 1 作の結果しか示していないが、著者らは同様の試験によってソルガムでは 2008 年に、播種前に硝酸態窒素が深さ 50～60cm に多く残存する条件で、窒素吸収量及び施用窒素利用率はそれぞれ 15.4kg/10a 及び 103%であり、またエンバクでは、2011 年に深さ 60～70cm に残存する条件で、それぞれ 13.0kg/10a 及び 87%であったことから(未公表)、これらの結果も踏まえ、ソルガム及びエンバクは、50cm 以下の下層に硝酸態窒素が残存する場合でも、それぞれ 15kg/10a 及び 13kg/10a 以上の窒素を吸収することが期待される。

2. 土壌中硝酸態窒素量からの溶脱抑制効果の評価

本報では、土壌中の硝酸態窒素量から緑肥作物による溶

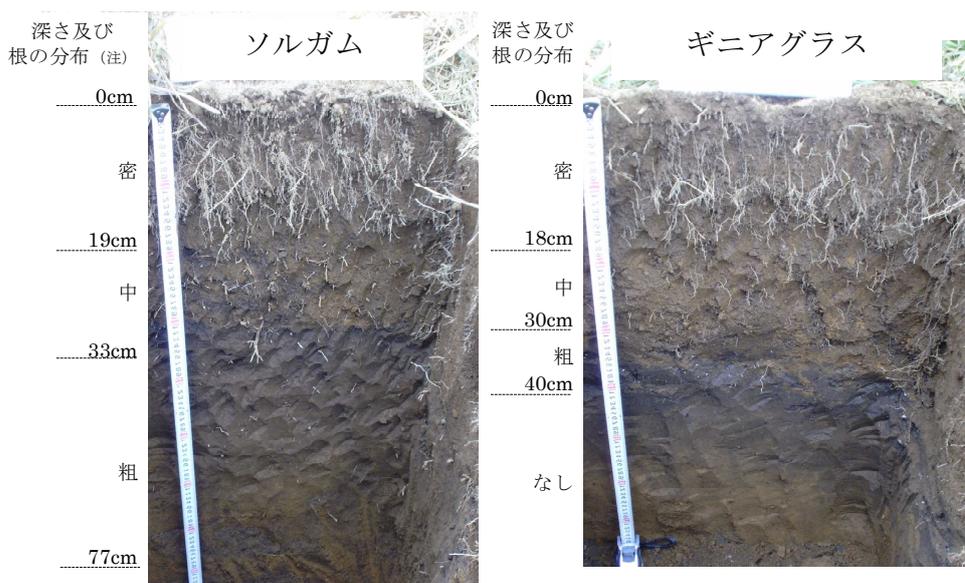


写真1 下層区栽培終了時のソルガム及びギニアグラスの根の分布
注) 植物根の分布を表し、密は 10%以上、中は 5～10%、粗は 5%以下、なしは 0%

脱抑制量を評価するために、栽培前後の窒素量差及び無栽培との窒素量差を算出した。これらを窒素吸収量と比較すると、上層区と中層区の夏作緑肥作物及び中層区のエンバクにおける栽培前後の窒素量差は、窒素吸収量に比べて著しく少なかった。また、中層区のギニアグラス及び冬作緑肥作物における無栽培との窒素量差も、窒素吸収量に比べて少なかった。一方、下層区のギニアグラスでは、いずれの窒素量差とも窒素吸収量に比べて2倍近く高い値であった。このように、土壤中の硝酸態窒素から評価した溶脱抑制量と、緑肥の窒素吸収量は必ずしも一致しなかった。

栽培前後の窒素量差が窒素吸収量に比べて少ない要因の一つとして、土壤中の有機態窒素の無機化の影響が考えられる。土壤中の有機態窒素の無機化には地温が影響するため、夏作期間に無機化する窒素量は、冬作に比べて多いと考えられる。これらのことは、夏作の上層区及び下層区では無栽培における栽培終了時の深さ0～100cmの合計硝酸態窒素量が栽培前と比べて増加し、冬作ではこのような増加は見られなかったことと一致する（第4表）。

また、無栽培との窒素量差が窒素吸収量に比べて少ない要因には、硝酸態窒素が栽培期間中に深さ100cm以下へ溶脱したことが考えられた。ギニアグラスの中層区及び下層区、イタリアンライグラスの中層区、エンバクの下層区で栽培終了時の硝酸態窒素量が最も多い深さは90～100cmであった。播種前に硝酸態窒素量が最も多い深さより下層にあった硝酸態窒素は、栽培終了時には100cm以下に溶脱した可能性が高い（第4図）。さらに、ギニアグラスの下層区では、播種前における深さ50～100cmの合計硝酸態窒素量のうち70cm以下に占める割合が50%と多かった。そのため、吸収されずに100cm以下に溶脱した硝酸態窒素が多く、栽培前後の窒素量差及び無栽培との窒素量差が窒素吸収量より多く評価されたと考えられた。

しかしながら、各試験区の硝酸態窒素の栽培前後の窒素量差の最大値あるいは無栽培との窒素量差の最大値を窒素吸収量と比較すると、中層区と下層区のギニアグラス及び中層区のエンバクを除きほぼ一致する。このことから、土壤中の硝酸態窒素量から硝酸態窒素溶脱量を評価することは可能と考えられる。栽培前後の窒素量差の最大値あるいは無栽培との窒素量差の最大値を硝酸態窒素の溶脱抑制量として評価すると以下のとおりである。すなわち、ソルガム、ギニアグラス、エンバク及びイタリアンライグラスは播種前に硝酸態窒素が深さ20cmまでの上層にそれぞれ8.2kg/10a、5.4kg/10a、17.5kg/10a及び9.7kg/10a残存する場合に、それぞれ最大で17kg/10a、12kg/10a、18kg/10a及び12kg/10a程度の硝酸態窒素溶脱抑制効果があると判断される。また、ソルガム及びエンバクは深さ

80cm及び60cmまでの下層に14.9kg/10a及び18.7kg/10a残存する場合には、最大で17kg/10a及び16kg/10a程度の溶脱抑制効果があると判断される。

これまでに、硝酸態窒素はスイカ栽培後では20cmまでの表層に多く、バレイショ及びニンジンでは60cm以下の下層まで残存し、深さ0～100cmの残存量がそれぞれ54kg/10a、19kg/10a及び6kg/10aあることを報告してきた（八旗，2011）。このように、栽培後に残存する硝酸態窒素の量と深さは、施肥量や栽培方法によって異なる。上述した硝酸態窒素の溶脱抑制量は、溶脱抑制を目的として緑肥作物を栽培したときの環境負荷低減効果を評価するときに活用できる。すなわち、スイカ栽培跡のように表層に硝酸態窒素が残存する場合は、ソルガム、ギニアグラス、エンバク及びイタリアンライグラスによって、12～18kg/10a程度の溶脱抑制効果が期待でき、バレイショやニンジン栽培跡のように下層に残存する場合には、ソルガム及びエンバクによってそれぞれ17kg/10a及び16kg/10a程度の溶脱抑制が可能と考えられた。

以上のように各種緑肥作物の、異なる深さに残存した硝酸態窒素の吸収特性と、環境負荷低減効果の違いを明らかにした。今後、すき込む緑肥作物による後作における基肥窒素代替効果を明らかにして、緑肥作物を利用した環境負荷低減技術の確立を目指す。

V 摘 要

硝酸態窒素が残存する深さを変えて緑肥作物の栽培試験を実施し、残存窒素の吸収特性を明らかにするとともに、土壤中硝酸態窒素量から硝酸態窒素の溶脱抑制量の評価を試みた。

1. 10a当たり窒素吸収量は、夏作のソルガム、ギニアグラス、冬作のエンバク及びイタリアンライグラスがそれぞれ18.8～20.4kg、5.6～16.0kg、16.9～18.7kg及び11.3～13.9kgであった。イタリアンライグラスを除き、いずれの緑肥作物も硝酸態窒素が深さ10～20cm付近の表層に残存する条件では、施肥窒素量と同等あるいはそれ以上の窒素を吸収した。
2. 深さ80cm及び60cmまでの下層に硝酸態窒素が残存する条件での10a当たり窒素吸収量は、ソルガム、エンバクがそれぞれ19.8kg、18.7kgであり、ギニアグラスやイタリアンライグラスに比べて多かった。
3. 土壤中硝酸態窒素量から10a当たり硝酸態窒素の溶脱抑制効果を評価した。深さ20cmまでに硝酸態窒素が残存する場合、夏作のソルガム及びギニアグラス、冬作のエンバク及びイタリアンライグラスは、それぞれ最大で17kg/10a、12kg/10a、18kg/10a及び12kg/10a程度の

硝酸態窒素溶脱抑制効果が期待できた。また、夏作のソルガム及び冬作のエンバクは、それぞれ 80cm 及び 60cm とより深くに硝酸態窒素が多く残存する場合でも、それぞれ最大で 17kg/10a 及び 16kg/10a 程度の溶脱抑制効果が期待できた。

VI 引用文献

- 濱戸もえぎ・砂子田哲・川畑茂樹・佐藤直人 (2005) スーダングラス, スーダン型ソルガムの肥培管理. 岩手農研セ平成 17 年度試験研究成果書. 15.
- 日高伸・伊藤信 (1987) 荒川扇状地における地下水水質の実態解析と調査法. 埼玉農試研報. 42 : 61-84.
- 環境省 水・大気環境局 土壤環境課 地下水・地盤環境室 (2009) 硝酸性窒素による地下水汚染対策手法技術集 http://www.env.go.jp/water/chikasui/no3_taisaku/tech/main.pdf
- 郡山益実・田中明 (2002) 上場台地と背振産地における地下水の硝酸イオンについて. 佐賀大農彙. 87:133-139.
- 松丸恒夫 (2003) 窒素肥料有効利用のための施肥法. 農林水産研究ジャーナル. 26 : 15-20.
- 中野充宏・梯美仁・松家義克 (2002) トンネルニンジン収穫直後のソルガム栽培による残存窒素溶脱低減技術. 徳島農林水産総技セ農業研究所ニュース. 91 : 3.
- 西野道徳 (2001) 農業生産環境調査にみる我が国の窒素施用実態の解析. 土肥誌. 72. 4 : 513-521
- 小川吉雄・石川実・吉原貢・石川昌男 (1979) 畑地からの窒素の流出に関する研究. 茨城農試特別研報. 4 : 1-71.
- 真行寺孝・大塚英一・金子文宜・松丸恒夫 (2006) 湧水中の $\delta^{15}\text{N}$ 及びイオン組成解析による下総台地の硝酸汚染の実態. 千葉農総研研報. 5 : 95-103
- 山田良三・白井一則・今川正弘 (2002) 赤黄色土露地野菜地帯における河川及び地下水の硝酸態窒素動態. 愛知農総研報. 34 : 79-84.
- 山田寧直・吉永育生・原口暢朗・塩野隆弘 (2013) 暗渠を有した有明海沿岸農地における窒素の動態. 長崎農林技セ研報. 4 : 1-17.
- 八槇敦 (2011) 下総台地の野菜畑から流出する硝酸態窒素の実態と低減技術の効果. 日本水文学会誌. 41. 3 : 71-78.
- Weaver, J, E (1926) *Root Develop of Field Crops*. MCGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC. 167-174, 192-197

Nitrate-Nitrogen Absorption and Leaching Reduction by Green Manure Crops

Koji HARADA, Atsushi YAMAKI and Yukihiro YAMAMOTO

Key words: amount of nitrogen absorption, environmental loading reduction, green manure crop,
leaching reduction, nitrate nitrogen

Summary

We examined the residual-nitrogen-absorption characteristics of green manure crops by performing cultivation experiments in which we changed the depth at which nitrate-N remained. We also evaluated the degree of reduction of nitrate-N leaching in relation to the amount of nitrate-N in the soil.

1. The amounts of nitrogen absorbed by hectare of summer manure crops were, for sorghum, 188 to 204 kg and for Guinea grass, 56 to 160 kg. The amounts absorbed by winter manure crops were, for oats, 169 to 187 kg and for Italian ryegrass, 113 to 139 kg. With the exception of Italian ryegrass, under conditions in which nitrate-N remained in the surface soil (depth, 10 to 20 cm), the green manure crops absorbed nitrogen at amounts equal to, or greater than, the amounts of fertilizer nitrogen applied.

2. Under conditions in which nitrate-N remained deeper in the soil (80 cm), the amount of nitrogen absorbed by hectare of sorghum was 198 kg, and in which nitrate-N remained 60cm by oats, 187 kg. These amounts were respectively larger than those for Guinea grass and Italian ryegrass.

3. The degree of reduction of nitrate-N leaching per 10 a was evaluated from the amount of nitrate-N in the soil. When nitrate-N remained at a depth of 20 cm, the summer manure crops reduced the leaching of a maximum of 17 (sorghum) or 12 (Guinea grass) kg of nitrate-N; the winter manure crops reduced 18 (oats) or 12 (Italian ryegrass) kg. Even when nitrate-N was deeper in the soil (80 cm), the maximum amount of nitrate-N reduced from leaching by sorghum was about 170 kg/10 a, and when nitrate-N remained 60cm by oats about 16 kg/10 a.