平成２４年度　成績概要書

研究課題コード：　6105-685501（公募型研究）

１．研究成果

１）研究成果名：飼料用とうもろこしに対する連用時の家畜ふん尿の肥効評価と施用上限量
（予算課題名：　農地の施肥管理制御による環境負荷低減手法の開発）

２）キーワード：　飼料用とうもろこし、堆肥、スラリー、連用、施用上限量

３）成果の要約：　ふん尿由来肥料成分の肥料換算係数について、窒素では従来の単年施用条件（堆肥；0.2、スラリー；0.4）に加え、5年以上の連用条件の値（堆肥；0.3、スラリー；0.5）を設定し、リン酸では堆肥およびスラリーのいずれも0.6とした。連用時のふん尿施用上限量は、肥料換算したN、P、Kのいずれも上限を超えない量とした。

２．研究機関名

１）担当機関・部・グループ・担当者名：根釧農試・研究部・飼料環境G・八木哲生

２）共同研究機関（協力機関）：なし

３．研究期間：平成２０～２４年度　（2008～2012年度）

４．研究概要

１）研究の背景

飼料用とうもろこしは連作されることが多く、家畜ふん尿が毎年、多量に施用されるため、環境に配慮したふん尿施用法の確立が求められている。

２）研究の目的

飼料用とうもろこしの連作畑におけるふん尿連用時の肥効評価および施用上限量を設定する。

５．研究方法

１）飼料用とうもろこしに対する家畜ふん尿由来窒素およびリン酸の肥効評価

・ねらい　ふん尿連用時の窒素とリン酸の肥料換算係数を設定する。

・試験項目　試験１（圃場試験）　①窒素肥効　栽培期間；2007～2012 年、供試圃場；根釧農試（黒ボク土）、栽培方法；簡易耕・狭畦栽培（栽植密度9920本/10a）、施肥方法；全面全層施肥（全量基肥）、試験処理；ふん尿（乳牛ふん尿の堆肥、スラリー）×施用量（堆肥；0,2.5,5,10t/10a、スラリー；0,4,8,12t/10a）×化学肥料（減肥系列；現行基準に基づいて化肥を減肥、上乗せ系列；化肥を標準量の 50%施用しふん尿を上乗せ）、供試品種；「ぱぴりか」（2007～2009 年）・「たちぴりか」（2010～2012 年）、試験規模；1区 25m^2×3反復。②リン酸肥効　栽培期間；2011～2012年、試験処理；表１参照、栽培概要は①と同じ。**試験２（ふん尿埋設試験）**　堆肥とスラリーの乾燥粉砕物を、ナイロンメッシュ袋に入れて埋設し（深さ 15cm、裸地状態）、適宜取り出して重量測定・成分分析を実施。

２）飼料用とうもろこしに対する連用時の家畜ふん尿施用上限量の設定

・ねらい　ふん尿連用時の窒素、リン酸、カリ収支等から、施用上限量を設定する。

・試験項目　上記１）と同じ。化肥上乗せ系列に土壌溶液採取管を設置し、土壌溶液の NO_3-N 濃度を測定。

６．研究の成果

１）ふん尿連用時の窒素の肥料換算係数は、連用2年目以降、堆肥、スラリーともに現行基準（堆肥；0.2、スラリー;0.4）を上回る年次が多く、堆肥で0.18～0.41、スラリーで0.28～0.85の範囲にあった（図1）。

２）埋設試験の結果、ふん尿の経年的な窒素消失率は、$D_N = e \times T^r$（D_N；窒素消失率、T；日平均0℃以上の積算気温、e；分解加速度定数、r；分解難易度定数）によって推定できた。これより推定されるふん尿の積算窒素供給率（堆肥；供給率＝消失率、スラリー；供給率＝消失率－13.3（NH_3揮散による施用当年の損失））は経年的に増加し、連用2年目以降、堆肥で28～37%、スラリーで59～71%であった（図１）。

３）１）と２）より、連用5年目以降のふん尿由来窒素の肥料換算係数（単年＋連用効果）を、春施用は堆肥で(0.2＋0.1)、スラリーで(0.4＋0.1)、秋施用の堆肥で(0.12＋0.1)（データ略）と設定した（表２）。

４）リン酸肥効試験において、ふん尿施用区での生育量とリン酸吸収量は化肥区と同等であった（表１）。本試験(全面全層施肥)と、生産現場での一般的な施肥条件(作条施肥)における化学肥料のリン酸利用率の違いを考慮して、ふん尿中リン酸の肥料換算係数を堆肥、スラリーのいずれも0.6と設定した（表２）。

５）根釧地域で、浸透水の NO_3-N 濃度を 10 mg/L 以下（肥料換算N施用量－窒素環境容量＝超過窒素量＜0）にするためのふん尿の施用上限量は、年間の肥料換算N施用量で20 kgN/10aと考えられた（図２左）。

６）超過窒素量がゼロとなるときの土壌溶液中 NO_3-N 濃度は7.4 mg/L（4年間の平均値）と 10 mg/L に近く、窒素環境容量から施用上限量を判断することは概ね妥当であった（図２右）。ふん尿から供給される窒素量の経年的な増加を考慮すると、連用条件におけるふん尿の施用上限量は、全窒素として堆肥で 46kgN/10a 相当（別にスターター窒素を3 kgN/10a 施用の条件）、スラリーで28 kgN/10a 相当であった。

７）カリの施用上限量は、基準収量条件でのカリ吸収量相当とすることが適当と考えられ、根釧地域では20 kgK_2O/10a 程度であった。また、この量を上回るカリが連用された区では、土壌の交換性カリ含量が維持管理草地の土壌診断基準値を大きく超え、草地転換後の牧草品質への悪影響が懸念された（データ略）。

８）飼料用とうもろこしに対するふん尿連用時の肥料換算係数と、各肥料成分の施用上限量を整理した（表２）。圃場へのふん尿施用に際しては、施用するふん尿の肥料成分ごとに上限量を計算し、現物換算したときの最小値を上限とする。ふん尿成分は分析値を基本とするが、一般的な成分を想定したときの施用上限量は、カリが制限成分となり、堆肥で4～6t/10a、スラリーで5～8t/10a 程度と見込まれた。

＜具体的データ＞

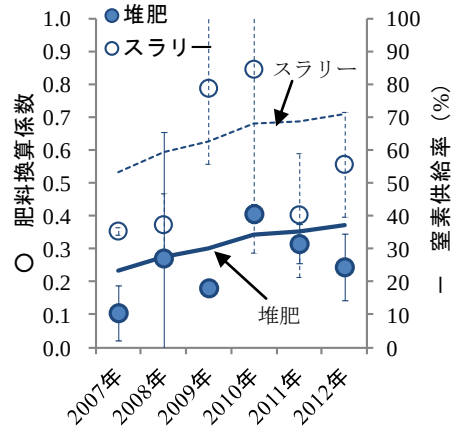
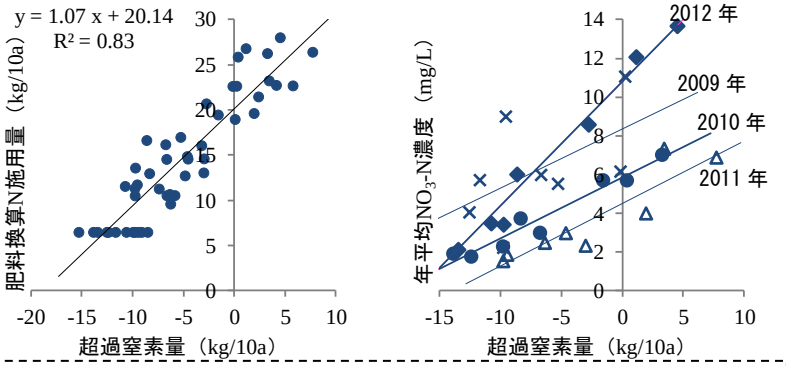


図１　ふん尿の窒素供給率と肥料換算係数の関係

プロットは実測値、折れ線は推定値。スラリー中 T-N の 13.3%は、散布時に揮散したと仮定した。エラーバーは標準偏差。



超過窒素量 ＝ 肥料換算 N 施用量 － 窒素環境容量(＝N 持ち出し量＋N 残存許容量)
N 残存許容量 ＝ 年間の余剰水量(mm)/100 kgN/10a
（全て流出しても 10mg/L を超えない土壌中の NO_3-N 量）

図２　超過窒素量[1]と肥料換算 N 施用量または年平均 NO_3-N 濃度[2]の関係

[1] ふん尿連用時の窒素供給率に基づいて計算した（2007～2012 年、n=48）。
[2] 年平均 NO_3-N 濃度は降雨後に採取した土壌溶液と余剰水量から推定した。
×；2009 年、y=0.31x＋8.36（R^2=0.30）。●；2010 年、y=0.32x＋5.86（R^2=0.95）。
△；2011 年、y=0.32x＋4.52（R^2=0.83）。◆；2012 年、y=0.56x＋9.58（R^2=0.97）。

表１　ふん尿のリン酸肥効試験における初期生育、収量およびリン酸吸収量（2012 年、根釧農試場内）

処理区	P_2O_5投入量 ふん尿 (kg/10a)	化肥 (kg/10a)	合計 (kg/10a)	生育初期（7/30） 乾物重 (kg/10a)	P_2O_5吸収量 (kg/10a)	利用率 (%)	収穫期（10/2） 乾物収量 (kg/10a)	P_2O_5吸収量 (kg/10a)	利用率 (%)
無リン酸区	-	0	0	124.2 c	0.92 c		1,355 b	5.5	
化肥区	-	10	10	145.2 bc	1.12 bc	2.0	1,457 ab	5.9	4.6
堆肥区	9	0	9	181.3 ab	1.27 ab	4.0	1,554 ab	5.9	4.9
スラリー区	9	0	9	178.8 ab	1.32 ab	4.5	1,643 a	6.1	7.3

ふん尿由来肥料成分の肥料換算施用量は、現行の肥料換算係数（堆肥はN；0.2、K；1.0、スラリーはN；0.4、K；1.0）より計算した。異なる文字間は、5%水準で有意差があることを示す（Tukey-Kramer、－P区はn = 2、その他の試験区はn = 3）。

表２　飼料用とうもろこしに対するふん尿の肥料換算係数と施用上限量

	肥料成分(施用年数)		これまでの基準 堆肥（施用時期）（当年春）	（前年秋）	スラリー（当年春）	新たな基準 堆肥（施用時期）（当年春）	（前年秋）	スラリー（当年春）
肥料換算係数	窒素	（1～4年目）	0.20	0.12	0.40	0.20	0.12	0.40
		（5年目～）	—	—	—	**0.2+0.1[1)]**	**0.12+0.1[1)]**	**0.4+0.1[1)]**
	リン酸	（1年目～）	0.2		—	**0.6**		**0.6**
	カリ	（1年目～）	1.0		1.0	1.0		1.0

施用上限量[2)] ※連用を前提に1年目から適用	窒素[3)]	**(窒素持ち出し量＋NO_3-N残存許容量)÷ふん尿N供給率%×100**÷ふん尿中N含有率%÷10。 堆肥；46 kgN/10a + スターター3 kgN/10a (M_N=7.7 t/10a)、スラリー；28 kgN/10a (S_N=7.0 t/10a)
	リン酸[4)]	**リン酸施肥量÷0.6(肥料換算係数)**÷ふん尿P_2O_5含有率%÷10。 堆肥・スラリー；33 kgP_2O_5/10a (M_P=8.3 t/10a、S_P=16.7 t/10a)
	カリ[5)]	**カリ吸収量÷1.0(肥料換算係数)**÷ふん尿中K_2O含有率%÷10。 堆肥・スラリー；20 kgK_2O/10a (M_K=4.0 t/10a、S_K=5.0 t/10a)
	施用するふん尿の肥料成分ごとに上限量を計算し、現物換算したときの最小値を上限とする。 (上記の例)　堆肥の施用上限量 = Min［M_N,M_P,M_K］=4 t/10a、スラリーの施用上限量 = Min ［S_N,S_P,S_K］=5 t/10a	

[1)]肥料換算係数を「単年効果＋連用効果」として示した。連用効果は前年までの4年間の平均施用量に対して評価する。
[2)]上段は現物(t/10a)の算出法（網掛けは**ふん尿中の成分当たり、kg/10a**）、下段は本試験の結果に基づく根釧地域の値。
[3)]窒素持ち出し量は基準収量より概算。堆肥施用時は、スタータ3 kgN/10a分をNO_3-N残存許容量から差し引く。ふん尿の窒素供給率は堆肥；37%、スラリー；71%として計算。(M_N,S_N)はふん尿の全窒素含有率を堆肥は0.6%、スラリーは0.4%とした場合の現物施用量。
[4)]リン酸施肥量は土壌診断に基づく施肥対応。(M_P,S_P)は、ふん尿の全リン酸含有率を堆肥で0.4%、スラリーで0.2%とした場合の現物施用量。
[5)]吸収量は基準収量より概算。(M_K,S_K)は、ふん尿の全カリ含有率を堆肥で0.5%、スラリーで0.4%とした場合の現物施用量。
※上記の基準収量は「北海道施肥ガイド2010」における地帯・土壌区分ごとの値を参照（水分率；30%、窒素；1.0%、カリ1.5%として概算）。

７．成果の活用策

１）成果の活用面と留意点

（１）飼料用とうもろこし栽培において、ふん尿の環境保全的利用と効率的な肥培管理に活用できる。
（２）本課題は、環境省委託プロ「湿原流域の変容の監視手法の確立と生態系修復のための調和的管理法の開発」において実施された。

２）残された問題とその対応

（１）ふん尿連用による肥沃度変化に対応するための、土壌診断に基づく窒素施肥対応技術の検討