

飼料用イネ栽培における家畜ふん堆肥の有効利用

独立行政法人 農業・食品産業技術研究機構 畜産草地研究所
飼料作物研究領域 上席研究員

原田久富美

1. はじめに

飼料用イネは、最近の行政的な支援により、都府県を中心に急速に栽培面積を増やしてきている。平成24年度の栽培面積は、飼料用米 34,525ha、稲発酵粗飼料 25,672ha である。これらを合わせた面積は、単年生飼料作物と比較すると、全国の飼料用トウモロコシの栽培面積 92,000ha よりも小さいが、都府県の 43,700ha よりも大きい。また、ソルガムの栽培面積 17,000ha よりも大きく、国産飼料生産において、重要な位置づけであるといえる。また、飼料用イネの生産・給与に関しても、多くの技術開発が行われてきている。さらに、平成26年度からの飼料用米生産への行政施策では、新たに多収品種の利用時の増額、飼料用米の収量に応じて補助金を増減させることなど、飼料用米増産にインセンティブが働く制度が取り入れられている。

飼料用イネに好適な多収品種は、概して、強稈で耐倒伏性に優れるだけでなく、同一の施肥条件であっても従来の食用品種より土壌からの養分吸収量が高く、多収が得られやすい性質を持っている。窒素施肥量を、食用品種の 1.5~2 倍程度に増やすことにより、粗玄米収量として食

用品種の 1.3~1.5 倍に相当する 800kg/10a 程度が得られることが明らかとされている。

一方、都道府県が設定した作物毎の施肥基準は、農林水産省HP（ホームページ）の都道府県施肥基準等（参考1）から知ることができる。著者が、このHPから飼料用イネの施肥基準を確認したところ、関東東海北陸13県のうち5県のみに整備されている状況である。多収な飼料用イネの生産ポテンシャルを十分に発揮させるためには、今後も研究や実証試験等を積み重ねるとともに、得られた知見を普及させるための体制整備を進めてゆく必要がある。本稿では、飼料用イネ栽培における養分収支や家畜ふん堆肥利用のメリットを解説する。

2. 飼料用イネ生産における養分の吸収量

(1) 飼料用米の養分吸収量

1) リン酸、カリの吸収量

農業研究センター（現 農研機構中央農研）による「施肥基準見直しのための水稲によるリン酸とカリの収奪量の概算」（参考2）では、収量水準が 500~600kg/10a の食用米では、収穫物の籾とし

て水田から外へ持ち出されるリン酸 (P_2O_5) およびカリ (K_2O) 量はそれぞれ 3.0~3.7、1.7~2.4 kg/10a 程度であり、作物による養分利用率を考慮しないで、養分収支を均衡させる最少施肥量の目安は、リン酸で 4.0 kg/10a、カリで 2.5 kg/10a とされている。

2) リン酸、カリの施用量

この考え方によれば、飼料用米生産において、目標の収量水準を 800kg/10a とする場合、リン酸で 6kg/10a、カリで 4 kg/10a 程度施用すれば良いことになる。ただし、この量は、先に述べたように作物による養分吸収効率を考慮していない。従って、この考え方は、土壌養分が土壌診断基準の範囲内であるなど、十分な肥沃度が確保されている条件で適用できるが、安定した収量確保のためには標準量の施肥が必要となることも留意してほしい。

3) 窒素の施用量

一方、窒素成分については、先に述べたように施肥量を食用米の 1.5~2 倍程度に増加させることにより、多収が得られる。その理由となる考え方を以下に紹介する。まず、目標収量 (800kg/10a) を得るには、食用米栽培 (収量 550kg/10a) よりも 5kg/10a 程度、窒素吸収量を増やすことが必要となる。一方、多収品種は食用品種と同じ窒素施肥量でも 100kg/10a 程度多収となることが多く、窒素吸収量が 2kg 程度高くなると考えられる。そのため、食用米の施肥に比べて 3 (=5-2) kg/10a 程度多く窒素が吸収されるよう施

肥量を調節することが必要となる。通常の施肥条件では化学肥料の窒素利用率は 40~50% であり、食用米栽培よりも 6~7.5kg/10a 増肥すれば、計算上、目標収量が得られる (参考 3、4)。特に、同一施肥条件による食用品種と多収品種の生育の違いを示した写真が、参考 3 に示されている (参考: 写真 1, 2)。また、飼料用米生産のための堆肥利用を前提とした堆肥と窒素肥料を組み合わせた施肥量の試算例については後述する。

(2) 稲発酵粗飼料の養分吸収量

稲発酵粗飼料では、地上部全体が収穫物として持ち出されるため、飼料用米を生産するよりも多くの養分が飼料用イネの収穫とともに持ち出される。中央農業総合研究センターによる「飼料イネ「リーフスター」の乾物生産と品質に対する牛ふん堆肥と窒素施肥の影響」(参考 5) には、牛ふん堆肥 2t/10a と化学肥料として窒素 12kg/10a を施用すると、飼料用イネ品種「リーフスター」の安定多収が得られるとともに、土壌からの収奪量と施肥による投入量のバランスがとれることを示す試験成績が示されている (図 1)。牛ふん堆肥 2t/10a に含まれるリン酸およびカリの施用量は、それぞれ 10kg/10a、カリ 21 kg/10a であり、飼料用米に比べると多くの養分が吸収されているといえる。つまり、稲発酵粗飼料生産において養分収支がつりあう最少養分量は、飼料用米や食用米などよりも飼料用トウモロコシなど、飼料作物に近いことを理解しておく必要がある。

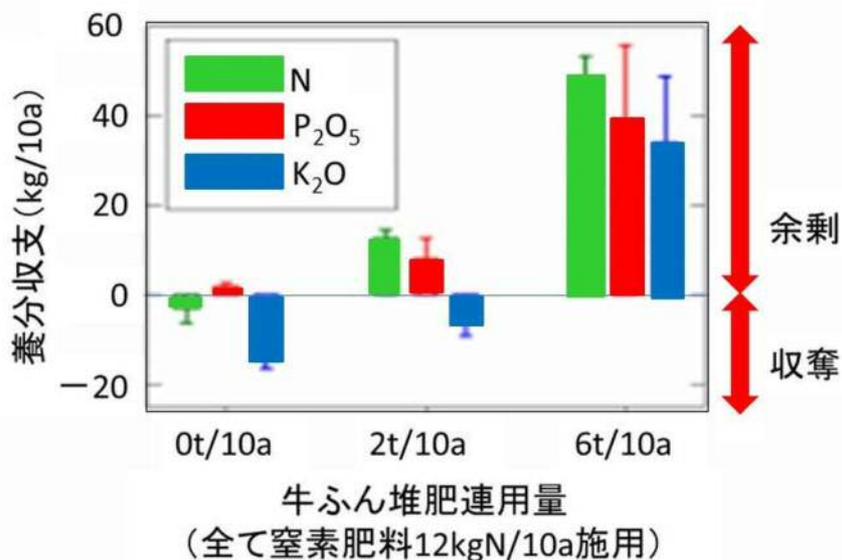


図1 牛ふん堆肥のおよび化学肥料由来の養分投入量とリーフスターによる収奪量の収支 (草ら2010年) 0t/10a区のみリン酸：8kg/10a、カリ6kg/10aを施用

3. 土壌養分の維持に必要な施肥コストと堆肥利用のメリット

(1) 化学肥料による施肥コスト

飼料用米や稲発酵粗飼料生産では、コスト削減のため窒素成分だけを施肥され

ることがある。しかしながら、特に稲発酵粗飼料では養分の持ち出し量が多いので、このような養分管理では、土壌養分を損耗させ、やがては水田土壌の生産力の低下につながると考えられる。

表1 堆肥の種類と肥料成分含有率

堆肥の種類	水分 (%)	堆肥中の成分含有率(乾物あたり%)			堆肥1t中に含まれる養分量(kg)		
		窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)	窒素 (N)	リン酸 (P ₂ O ₅)	カリ (K ₂ O)
牛ふん堆肥	49.9	2.2	2.9	2.9	11	14.5	14.5
牛ふんおかくず堆肥	57.8	1.9	2.3	2.6	8	9.7	11
牛ふんもみから堆肥	57	2.3	3.4	2.5	9.9	14.6	10.8
豚ふん堆肥	29	3.8	7.1	3	27	50.4	21.3
豚ふんおかくず堆肥	43.8	2.5	5.4	2.6	14.1	30.3	14.6
豚ふんもみから堆肥	52.7	2.7	4.8	1.9	12.8	22.7	9
鶏ふん堆肥	19.7	3.5	7.3	3.9	28.1	58.6	31.3

家畜ふん尿処理利用の手引き(1998) 畜産環境整備機構より抜粋

とはいえ、収奪量に見あう養分を化学肥料として施肥するために必要となるコストは大きい。例えば、リン酸成分10kgを過リン酸石灰として供給するとおよそ4,300円(肥料経済研究所、平成25年4月現在)が必要であり、21kg/10aのカリ成分は塩化加里としておよそ5,000円(著者調べ、平成25年10月現在)円が必要である。さらに窒素資材も施用する必要があり、実際の施用場面では、省力化のため高度化成が用いられるなど、さらに必要なコストもある。

(2) 堆肥利用のメリット

そのため、飼料用イネへの養分供給においては、耕種農家と畜産農家の連携のもとで、堆肥を利用することが重要とな

る。平均的な堆肥1トンあたりの養分投入量を表1に示した。

また、圃場に施用した堆肥重量を把握するには、施用した堆肥の体積から重量に換算することが有効と考えられる。この換算には、表2に示した容積重(かさ密度)を参考にするか、あるいはバケツなどに堆肥をつめてその重さを測定することによって求めた容積重を用いる。さらに、堆肥の施用量や施用履歴を把握していたとしても、堆肥を継続的に施用する場合には、土壌の交換性カリや有効態リン酸含量が適正な土壌診断基準値の範囲内にあるのかどうかを確認することにより、より確実な施肥の管理が実施可能となる。

表2 堆肥の容積重の設定例(kg/m³)

水分(%)	牛ふん堆肥		豚・鶏ふん堆肥	
	副資材なし	副資材あり	副資材なし	副資材あり
60	550	500	600	550
55	500	450	550	500
50	450	400	500	450
45	450	400	500	450
40	400	350	450	400
35	400	350	450	400
30	350	300	400	300

畜産環境整備機構(2004)「家畜ふん尿処理施設の設計・審査技術」

4. 地力維持のために必要な堆肥施用量

(1) 堆肥利用量の減少

農林水産省の資料によれば、近年、水田への堆肥投入量は年々減り続け、稲わ

らが施用されるようになっている。これは、水田農業の機械化とともに、牛などの家畜が水田農家に飼養されなくなったことや労働力の減少、高齢化など関係していると考えられる。

(2) 堆肥施用の効果

また、稲わらや家畜ふん等を原材料として調製された堆肥の施用は、水田土壤に肥料効果をもつミネラル以外にも、炭素や窒素が投入されることで、土壤を柔らかくする効果や養分保持力、土壤からの持続的な窒素供給を高めるなど、土壤の生産性の維持に関わっている。全国的な水田の調査結果によれば、水田土壤の炭素含量は近年、減少している。この原因は、堆肥投入量が減少したことに加えて、転作や排水改良による土壤炭素の分解促進、裏作の減少による炭素投入量の減少等、他要因も関わると考えられるが、家畜ふん堆肥の施用が、地力向上のための有力な方法であることは間違いない。

(3) 堆肥施用による地力維持

農林水産省は、地力の維持に最低必要な堆肥の施用量と施用上限量を整理している(「土壤管理のあり方に関する意見交換会」報告書(参考6))。これによれば、「地力の維持・増進の観点から必要とされる

堆肥の施用量の下限値<1年当たり>」は、水田において、牛ふん堆肥で0.3t/10a、豚ふん堆肥、バーク堆肥で0.15t/10aとされている(表3)。報告書の本文からは大変読み取りにくいですが、稲わらを圃場外に持ち出した条件で試算されていることに注意が必要である。畑作物では有機物の分解が進みやすいなどの理由により、牛ふん堆肥では黒ボク土1.5(寒地)~2.5(暖地)t/10a、非黒ボク土で0.3(寒地)~0.5(暖地)t/10aが下限値として示されている。

(4) 堆肥施用上限量

さらに、同報告書では、施肥基準等に示された施肥窒素全量を堆肥中の有効窒素で代替する場合の堆肥施用量を施用上限値として示しており、水稻(食用米)では、牛ふん堆肥で2t/10a、豚ふん堆肥1t/10a、バーク堆肥で4t/10aとなっている。

表3 地力維持・増進の観点から必要とされる堆肥の施用量の下限値<1作あたり>

堆肥の種類	黒ボク土及び 非黒ボク土(水稻)		黒ボク土(畑作物)		非黒ボク土(畑作物)	
	寒地	暖地	寒地	暖地	寒地	暖地
稲わら堆肥	0.5	0.5	2	4	1	1.5
牛ふん堆肥	0.3	0.3	1.5	2.5	0.5	1
豚ふん堆肥	0.15	0.15	1	1.5	0.3	0.5
バーク堆肥	0.15	0.15	1	2	0.5	1

農林水産省(2008)「土壤管理のあり方に関する意見交換会」報告書(参考6)

飼料用イネの場合には、現段階で施肥基準が明確でないこと、施肥基準においても堆肥施用が前提として記載されていることなど、考え方がそのまま適用できる訳ではないが、**図1**の牛ふん堆肥2 t/10a 施用区で示されたとおり、リン酸およびカリ成分は堆肥として施用し、さらに窒素肥料を上乗せして施用することにより安定多収、養分バランスが満足する試験結果が得られている。

5. 飼料用米生産で持ち出される養分を補う堆肥施用量の試算例

多収をねらう飼料用米生産において、必要となる養分を堆肥と窒素単肥によって施用する場合の試算例を述べる(表4)。

①以下の式に従って、堆肥施用量の試算を行う。

【堆肥施用量 (t/10a)】

$$= \text{【必要窒素量 (kg/10a)】} \\ \times \text{【代替率(\%)} \div 100 \text{】} \\ \times \text{【100} \div \text{堆肥 N 含有率(\%)】} \\ \times \text{【100} \div \text{肥効率(\%)】} \div 1000$$

代替率とは「必要窒素施用量を堆肥の窒素で置き換える割合」のことであり、30%程度であれば問題が生じにくい。大きく設定しすぎると作物生育が不安定になったり、養分バランスが崩れやすくなることにも留意が必要である。

肥効率とは「化学肥料窒素の肥効を100とした場合の堆肥中窒素の肥料的効果」のことである。

【肥効率】

$$= \text{【堆肥養分の利用率】} \\ \div \text{【化学肥料養分の利用率】} \times 100$$

表4 飼料用米生産における堆肥施用量の試算例

堆肥の種類	基肥として必要な窒素量	堆肥による窒素代替量	堆肥の窒素含有率	堆肥の窒素肥効率	必要となる堆肥施用量	堆肥施用に伴う養分投入量(kg/10a)	
	(kgN/10a)	(kgN/10a)	(現物あたり%、表1)	(%)		リン酸成分	カリ成分
牛ふん堆肥	10	3	1.1	60	0.45	6.8	6.8
豚ふん堆肥	10	3	2.7	60	0.19	9.5	4
鶏ふん堆肥	10	3	2.8	60	0.18	10.6	5.6

②飼料用米生産において、堆肥による窒素施肥量の代替率は検討例が少ないので、現時点でお勧めできる窒素施肥量を基肥窒素の30%として試算を行う。飼料

用米生産における基肥窒素量を食用米の2倍量程度である10kg/10aと考えると、代替率を30%としているので、堆肥による窒素代替量は3 kg/10aとなる。

③1年1作、堆肥を継続的に施用してきた栽培条件を想定すると、肥効率は60%に設定できる。さらに、表1に示した堆肥の窒素含有率を用いて計算すると、牛ふん堆肥0.45 t/10a、豚ふん堆肥0.19t/10a、鶏ふん堆肥0.18 t/10aと試算される。今回の試算結果は、稲わらすき込みを前提としているので、表3で示した地力維持に必要な堆肥投入量と直接比較することはできないが、結果的に似たレベルとなっている。

④上記のとおり堆肥が施用された場合、リン酸成分の投入量は6.8~10.6 kg/10a、カリ成分の投入量は4.0~6.8 kg/10aであり、先に示した最少養分量と考えられるリン酸6kg/10a、カリ4 kg/10aに比べて同等以上であり、土壌肥沃度が十分に確保されていれば、窒素単肥の施用が可能となる。

⑤今回の試算では肥効率を60%としたが、これまでに堆肥が継続的に施用されていない場合や堆肥のC/N比が高く、窒素成分が少ない場合などは、参考3、4、6に示された肥効率を利用して、60%から他の数字に置き換えて必要量を試算する。例えば、牛ふん堆肥では施用履歴がなく、窒素濃度が2%より低い場合には肥効率を20%とする。

⑥基肥窒素施用量の30%を堆肥で代替しているので、化学肥料としての窒素施用量は7kg/10aであり、必要に応じて追肥を実施する。

⑦この試算では、糞だけを圃場外に持ち出し、稲わらがすき込まれる仮定で試算されている。稲わらを持ち出し利用する場合は、稲発酵粗飼料の場合の考え方が適用できる。

が適用できる。

6. おわりに

本稿では、飼料用イネの栽培面積と稲発酵粗飼料生産における施肥基準の整備状況、まだ本格的に取り組み始められたばかりといえる飼料用米生産における家畜ふん堆肥を用いた施肥の考え方を解説した。今後も飼料用イネ栽培が全国的に普及し、定着するに伴い水田土壌の地力維持や養分の有効利用に加えて、農地への土壌炭素蓄積の促進など地球温暖化対策の観点等からも、積極的な家畜ふん堆肥の利用に関心が高まることを期待したい。

参考

- 1) 都道府県施肥基準等. 農林水産省 HP (ホームページ)
<http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/sehi/index.html>
- 2) 施肥基準見直しのための水稲によるリン酸とカリの収奪量の概算
<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/1997/narc97-099.html>
- 3) 化学肥料を低減した飼料用稲栽培—家畜ふん堆肥の有効利用—. みんなの農業広場
<http://www.jeinou.com/benri/rice/fertilization/2010/06/220935.html>
- 4) 飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2012年版>
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamph

let/tech-pamph/046203.html

- 5) 飼料イネ「リーフスター」の乾物生産と品質に対する牛糞堆肥と窒素施肥の影響

<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/narc/200>

9/narc09-23.html

- 6) 「土壌管理のあり方に関する意見交換会」報告書 農林水産省HP

http://www.maff.go.jp/j/study/dozyo_kanri/pdf/report.pdf



参考：写真1 同一施肥条件における食用米品種と多収品種の生育の違い（参考3から）
左：きらら397、右：きたあおば（ともに窒素成分で基肥10kg/10a）
（提供：北海道農業研究センター）



参考：写真2 同一施肥条件における食用米品種と多収品種の生育の違い（参考3から）
左：日本晴、右：北陸193号（ともに窒素成分で基肥6kg/10a+穂肥3kg/10a）
（提供：中央農業総合研究センター北陸研究センター）