

飼料用米「べこあおば」に対する 肥効調節型肥料の減肥効果

元農研機構 東北農業研究センター
水田作研究領域

土 屋 一 成

1. はじめに

飼料用米は流通価格が安い(30~40円/kg)ため、低コスト生産技術の導入や多収穫(粗玄米重で800kg/10a以上)技術の開発が重要である。直播栽培による低コスト化も考えられるが、直播機の導入等の新たな投資が必要である。さらに、追肥コストを抑えることも重要である。そこで、持続的な資源循環型飼料用米生産を目指して、バイオマスの高い稲わらの多量施用(1t/10a)条件下で施肥効率の高い肥効調節型肥料を速効性肥料と組み合わせることで基肥を減肥し、追肥コストを抑えつつ飼料用米の省力多収穫栽培技術を開発する試みを行ったので紹介する。

2. 方法

飼料用米では稲わらの鋤き込み量が1t/10aになることもあり得るため、農研機構東北農研センター大仙研究拠点内の細粒灰色低地土で、1982年より稲わら1t/10aを連用している圃場と隣接する対照の無施用圃場で、2011年と2012年にリニア型溶出のLP70及びシグモイド型溶出のLPS80と速効性の硫酸を組み合わせる圃場試験を行った。

試験区は無肥料区、多肥区(N18kg/10a:5/9基肥6kgN/10a+6/13~17分げつ期追肥4kgN/10a,7/13~14幼穂形成期追肥4kgN/10a+7/25~28減数分裂期追肥4kgN/10a)、追肥を省略する速効性+肥効調節型肥料区(N18kg/10a:速効性窒素3kg/10a+LP70-N10.5kg/10a+LPS80-N4.5kg/10a)と更なる低コスト化を図る17%減肥した速効性+肥効調節型肥料減肥区(N15kg/10a:速効性窒素3kg/10a+LP70-N7.5kg+LPS80-N4.5kg)を設けた。なお、無肥料区以外はP₂O₅、K₂Oを過石及び塩化カリでそれぞれ7kg/10a施用した。

耕種概要は耕起2011/4/21,2012/4/17,代

かき2011/5/9,2012/5/8,品種:べこあおば(稚苗:24~25日苗),機械移植2011/5/16,2012/5/15,栽植密度:70株/坪(約21株/m²)1株3.5~4本植え,中干し2011/6/27~7/4,2012/6/27~7/2,収穫2011/9/26~27,2012/9/24~25。なお、稲わらはそれぞれ前年の2010/10/21,2011/10/14に細断,鋤込みを行った。調査項目は作付前土壌の理化学性,水稻の生育・収量及び収量構成要素とした。

また、2011年は肥効調節型肥料のLP70とLPS80を2.5gずつ,それぞれメッシュ袋に入れたものを畦畔と条の中間地点の深さ5cmの位置に埋設し,2週間ごとに採取し,残存窒素をケルダール法で測定し,窒素積算溶出率を求めた。なお,2012年は肥効調節型肥料の重さを測定する重量法(中田ら:2008)により推定した。

3. 結果

1) 飼料用米作付前の土壌理化学性

稲わら1t/10a連用田では無施用に比べ,稲わら由来と考えられる土壌の交換性カリが2倍ほど多く,可給態窒素の指標である培養窒素や熱水抽出性窒素も多く,土壌肥沃度が高かった(表1)。なお,有効態リン酸は無肥料区で施肥区より少ないものの,稲わら施用の影響は交換性カリの場合に比べ少なかった。

2) 肥効調節型肥料からの窒素の積算溶出率の推移

リニア型溶出の肥効調節型肥料LP70は2011~2012年のいずれの年も施用後,直線的に溶出し,85日後の積算地温で1,785(2012年)~1,830(2011年)℃となった(理論上は25℃×70日=1,750℃)8月初め頃に80%溶出に達した(図1)。一方,シグモイド型溶出のLPS80はいずれの年も施用後,40日程度は溶出せず,7月初め頃から

表 1. 飼料用米作付前土壌の理化学性 (2010年10月と2011年10月の平均)

有機物施用・窒素施肥	培養窒素	熱水抽出性窒素	mg/100g	
			Truog-P ₂ O ₅	K ₂ O
無肥料	9.9	2.9	5.6	4.7
多肥	12.4	3.3	10.1	6.3
速効性+肥効調節型肥料	11.2	2.7	10.1	5.5
速効性+肥効調節型肥料減肥	11.9	3.6	9.5	6.0
稲わら・無肥料	12.6	3.9	7.2	13.1
稲わら・多肥	17.4	4.9	11.1	11.1
稲わら・速効性+肥効調節型肥料	16.3	4.9	11.7	12.3
稲わら・速効性+肥効調節型肥料減肥	17.9	5.0	11.5	11.4

注) 培養窒素は30℃, 4週間湛水培養。熱水抽出性窒素はオートクレーブ法による。
Truog-P₂O₅は有効態リン酸, K₂Oは交換性カリを示す。

溶出が始まり, 2011年は溶出から積算地温で1,060℃(理論上は25℃×40日=1,000℃)となった約90日経過した8月10日頃に80%溶出に達した(図1左)。なお, 2012年のLPS80は溶出後の積算地温で1,150℃となった施用後95日経過した8月15日頃に70%溶出に達し, 積算地温で1,960℃となった施用後125日経過した9月15日頃に80%溶出に達した(図1右)。

3) 稲わら連用田における肥効調節型肥料の影響

多肥区に比べ, 速効性+肥効調節型肥料区, 速効性+肥効調節型肥料減肥区では草丈が低く推移した(表2)。茎数, 茎葉乾物重及び地上部窒素吸収量とも速効性+肥効調節型肥料区で多めに推移し, 速効性+肥効調節型肥料減肥区では地上部

窒素吸収量が低めに推移した(表2, 表3)。水稻展開第2葉の葉色は硫酸のみの多肥区で高めに推移した(表3)。

稲わら無施用の多肥区での「べこあおば」の粗玄米重は884kg/10aであり, 速効性+肥効調節型肥料区及び速効性+肥効調節型肥料減肥区では籾/わら比がやや低いものの, 見かけの施肥窒素利用率が高く, 4%増~同等の920~890kg/10aとなった(表4)。一方, 稲わら1t/10a施用でも多肥区に比べ速効性+肥効調節型肥料区及び速効性+肥効調節型肥料減肥区では見かけの施肥窒素利用率がさらに高く, 多肥区の粗玄米重973kg/10aに対し, ほぼ同等の985kg/10a程度となり, 17%減肥区では玄米蛋白が0.5ポイント高まった(表4)。

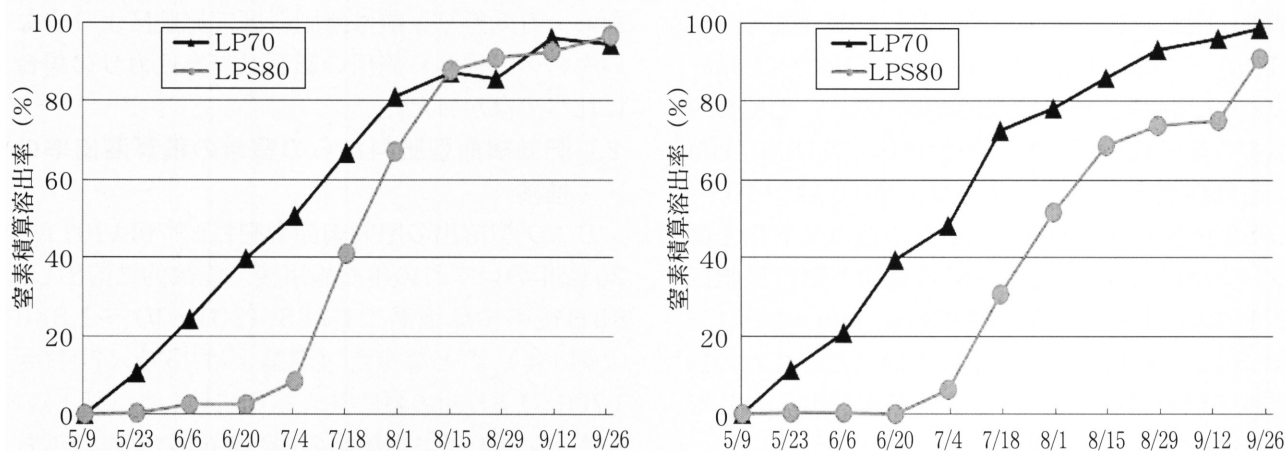


図 1. 肥効調節型肥料の積算溶出率 (左: 2011年, 右: 2012年)

表 2. 稲わら連用圃場の飼料用米「べこあおば」の生育 (2011~2012年)

有機物施用・窒素施肥	窒素施肥	草丈 (cm)			茎数 (本/m ²)				茎葉乾物重 (kg/10a)			
		6/15	7/13	7/27	6/15	7/13	7/27	8/3	6/15	7/13	7/27	8/9
無肥料	0-0-0-0	27	45	57	97	201	194	169	11	93	196	419
多肥	6-4-4-4	35	66	77	238	538	468	403	35	382	683	1016
速効性+肥効調節型肥料	3+15-0-0-0	33	67	78	231	552	494	417	35	369	735	1084
速効性+肥効調節型肥料減肥	3+12-0-0-0	34	67	78	226	534	468	411	33	410	711	1044
稲わら・無肥料	0-0-0-0	28	49	63	115	225	213	196	15	117	246	493
稲わら・多肥	6-4-4-4	34	70	82	215	558	505	437	32	410	777	1161
稲わら・速効性+肥効調節型肥料	3+15-0-0-0	32	71	84	227	579	550	467	33	390	781	1175
稲わら・速効性+肥効調節型肥料減肥	3+12-0-0-0	32	69	83	217	545	509	431	31	401	748	1121

注) 稲わらは1982年より毎年1t/10a連用

表 3. 稲わら連用圃場の飼料用米「べこあおば」の地上部窒素吸収量, 葉色の推移等 (2011~2012年)

有機物施用・窒素施肥	窒素施肥	地上部窒素吸収量 (kg/10a)					見かけの 施肥窒素 利用率 (%)	葉色 展開第2葉			止葉 8/10	出穂期 月/日
		分けつ期 6/13	幼形期 7/12	減分期 7/25	穂揃期 8/9	収穫期 9/25		6/15	7/12	7/26		
無肥料	0-0-0-0	0.2	1.4	2.0	3.3	3.6	-	26.5	37.2	32.6	34.3	8/10
多肥	6-4-4-4	1.1	7.0	10.8	14.6	15.5	66	43.5	44.1	43.1	42.5	8/5
速効性+肥効調節型肥料	3+15-0-0-0	1.0	7.8	11.1	13.8	17.3	76	44.0	46.0	39.9	40.6	8/6
速効性+肥効調節型肥料減肥	3+12-0-0-0	1.0	7.6	10.8	13.4	16.1	83	43.1	44.3	41.6	40.2	8/6
稲わら・無肥料	0-0-0-0	0.3	1.8	2.7	4.0	4.8	-	28.3	37.0	33.7	34.3	8/10
稲わら・多肥	6-4-4-4	0.9	8.1	12.1	16.7	16.8	67	40.7	44.5	43.2	42.5	8/9
稲わら・速効性+肥効調節型肥料	3+15-0-0-0	0.9	8.5	12.7	17.5	19.7	83	39.8	44.8	42.7	40.1	8/9
稲わら・速効性+肥効調節型肥料減肥	3+12-0-0-0	0.9	8.0	12.1	16.3	18.9	94	40.0	45.2	41.5	40.4	8/9

注 1) 稲わらは1982年より毎年1t/10a連用

2) 葉色はSPAD502の値。

表 4. 稲わら連用圃場の飼料用米「べこあおば」の収量及び収量構成要素等 (2011~2012年の平均)

有機物施用・窒素施肥	窒素施肥	稈長	穂数	精籾重	籾/	粗玄	同左	倒伏	総籾数	登熟	千粒重	玄米
		cm	本/m ²	kg/10a	わら	米重 kg/10a	指数	程度	粒/m ²	%	g	蛋白 %
無肥料	0-0-0-0	52	165	348	1.23	283	32	0.0	9300	87	32.8	5.2
多肥	6-4-4-4	68	401	1068	1.46	884	100	0.3	31400	69	32.4	6.9
速効性+肥効調節型肥料	3+15-0-0-0	67	420	1090	1.35	920	104	0.0	34200	65	32.3	7.1
速効性+肥効調節型肥料減肥	3+12-0-0-0	68	387	1083	1.42	890	101	0.3	32900	65	32.1	7.0
稲わら・無肥料	0-0-0-0	55	201	493	1.31	402	42	0.0	13700	83	32.0	4.9
稲わら・多肥	6-4-4-4	74	426	1194	1.33	973	100	2.0	38000	64	32.1	6.7
稲わら・速効性+肥効調節型肥料	3+15-0-0-0	73	442	1224	1.34	987	102	1.0	39700	62	32.0	7.0
稲わら・速効性+肥効調節型肥料減肥	3+12-0-0-0	72	442	1216	1.30	984	101	1.3	38700	64	32.0	7.2

注 1) 稲わらは1982年より毎年1t/10a連用, 成熟期は2011年9月26~27日, 2012年9月24~25日。窒素施用量の単位はkg/10a。

2) 籾重, 玄米重, 千粒重, 玄米蛋白は水分15%換算。

以上、肥効調節型肥料を削減した17%減肥の窒素15kg/10a施用でも、硫酸による分施肥体系の窒素18kg/10a施用と同等の粗玄米収量が得られ、稲わら1t/10aの多量施用条件では玄米蛋白も高まり、省力的な減肥効果が認められた。

4. 考察

飼料用米「べこあおば」に対し、これまでに、完熟家畜ふん堆肥の多量(3.6t/10a)連用により堆肥無施用に比べ、黄熟期に安定的に収量が高いことや肥効調節型肥料の基肥施用で施肥窒素水準が同等なら、同等以上の収量が得られることが報告されている(土屋ら:2011)。そこで、持続的な資源循環型飼料米生産を目指して、施肥効率の高い肥効調節型肥料を基肥で施用し、追肥コストを抑えつつ、飼料用米の多収穫栽培技術を開発することを目的とした圃場試験を行った(土屋ら:2012a, 2012b, 2013)。

リニア型溶出の肥効調節型肥料LP70は施用直後から直線的に溶出し、85日後の8月初めに80%溶出に達したことから、「基肥」とそれに引き続く「つなぎ肥」の役目を主に果たしている。一方、シグモイド型溶出のLPS80は施用後、7月上旬頃から溶出が始まり8月中～下旬に70～80%溶出に達したことから飼料用米「べこあおば」の幼穂形成期が7月中旬、減数分裂期が7月末であることから、「穂肥」の役目を果たしたと推察される。なお、2012年の生育後半にLPS80の溶出が2011年ほど理論値通り(積算地温で $25^{\circ}\text{C} \times 40\text{日} = 1,000^{\circ}\text{C}$)に進まなかったのは、稲の出穂期以降は重量法による推定ではケルダール法に比べ窒素の溶出率が低く推定される(中田ら:2008)ためと考えられた。

飼料用米では稲わらの鋤き込み量が1t/10aになることもあり得るので、本圃場試験のような稲わら1t/10a施用条件下では、窒素15kg/10a程度の17%減肥で、肥効調節型肥料を施用すると、見かけの窒素利用率が高く、速効性肥料による窒素18kg/10aの分施肥体系より窒素吸収量が同等以上で総粒数が多く、同程度の粗玄米収量が得られ、追肥コストを低減できたことから、肥効調節型肥料の施用による減肥効果が認められた。さらに、稲わら1t/10a施用条件下で肥効調節型肥料を17%減肥した場合には玄米蛋白が0.5ポイント高まる

好結果が得られた。

さらに、稲わら連用田においては、更なる施肥コストの低減を目指した肥効調節型肥料の施用等の省力・低コスト栽培技術を検討する必要があると考えられた。

5. 最後に

水稻に対し肥効調節型肥料と速効性肥料を組み合わせて施肥の削減を図る施肥法が行われている(北村ら:1995)が、本事例でも、飼料用米栽培で未利用の稲わらを1t/10a施用する条件下でも、慣行施肥に比べ17%減肥した窒素15kg/10aレベルでは、肥効調節型肥料を施用すると、見かけの施肥窒素利用率が高く、速効性肥料による窒素18kg/10aの分施肥体系より窒素吸収量が同等以上となり、総粒数も多く、速効性肥料の分施肥体系と同程度の粗玄米収量が得られ、追肥コストと労力を低減できる結果が得られた。

参 考 文 献

- 1) 土屋一成ら(2011). 家畜ふん堆肥連用圃場における飼料用米「べこあおば」に対する肥効調節型肥料による省力施肥. 日本土壤肥料学会(講演要旨集). 56:130.
- 2) 土屋一成ら(2012a). 稲わら長期連用水田における飼料用米「べこあおば」に対する肥効調節型肥料の施用効果. 日本作物学会紀事. 81(別1):42-43
- 3) 土屋一成ら(2012b). 稲わら長期連用水田における飼料用米「べこあおば」に対する肥効調節型肥料の減肥効果. 日本作物学会紀事. 81(別2):64-65
- 4) 土屋一成ら(2013). 稲わら多量施用水田における飼料用米「べこあおば」に対する被覆尿素肥料の減肥効果. 日本土壤肥料学会(講演要旨集). 59:129
- 5) 中田均・小池潤(2008): 稲における被覆尿素肥料(LPSS100)からの簡易な窒素溶出確認の方法. 平成20年度農業分野試験研究の成果と普及. 富山県農林水産部. p7
- 6) 北村 秀教・今井 克彦(1995). 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開1: 水稻の全量基肥施肥技術. 日本土壤肥料学雑誌. 66(1):71