

水稻に対する被覆尿素を 利用した省力的な追肥法

山形県農業試験場化学部

田 中 伸 幸※

(1) 圃場条件下における被覆尿素的溶出特性

はじめに

水稻に対する被覆尿素的追肥利用という立場から、圃場条件下での溶出速度を温度との関連で検討した。

被覆尿素的の溶出については、厳密には、拡散方程式への適合など詳細に検討し、あらゆる条件下でも適用できる推定式を求めるべきであるが、著者は、現地で、被覆尿素的を使用する立場から、単純に、温度との一次式でとらえ、溶出量の推定を試みたが、実用上、一つの目安として有効であると考えられたのでご紹介したい。

試験方法

被覆尿素40及び70を、7月上旬、窒素として200mg相当量を10×10cmの寒冷沙に包んで、水稻栽培下の田面に、追肥したと同じ条件で設置した。その後、7月中旬から8月下旬までの間4回、田面の肥料を回収し、残存窒素量を定量して、次式から溶出割合を求めた。

$$\text{溶出割合(\%)} = \frac{200 - \text{残存窒素(mg)}}{200} \times 100$$

なお、本試験は1982～1983年の2カ年、2反覆で実施したが、被覆尿素40は1982年のみ供試した。

試験結果及び考察

被覆尿素的の溶出割合と積算田面水温との関係を第1図に示したが、それによると、被覆尿素的の溶出は、積算田面水温と極めて高い相関が認められ、次のような関係式が成立した。

$$\text{被覆尿素40: } Y = 0.35X^{0.77} \quad (r = 0.96, n = 4)$$

$$\text{〃 70: } Y = 0.22X^{0.82} \quad (r = 0.98, n = 8)$$

$$Y: \text{溶出割合(\%)}, X: \text{積算田面水温(}^\circ\text{C} \cdot \text{日)}$$

このように、被覆尿素的の溶出が温度と密接な関係にあることは、被覆尿素からの窒素の供給が地力窒素の発現パターンに酷似していることを示唆するもので注目される。第2図には、上記回帰式に各地域の田面水温を代入して求めた地域別溶出パターンを示した。

それによると、7月1日に被覆尿素有施用した場合、溶出割合が100%に到達する時期は、山形、藤島、宮内では、ほとんど同じ時期で、被覆尿素40は8月30日、被覆尿素70は9月10日ごろに相当する。新庄では、他の地域より約5日ほど早く溶出が終了するようであるが、これは、水稻の生産量が少く、田面水温が高く経過したことによるものと推定される。このように、被覆尿素的の溶

出は、地域による変動は極めて小さかった。

第3図には、被覆尿素70について、施用時期別の溶出パターンを示した。これは、1981年(山形)の田面水温から求めたものであるが、初期の溶出割合(施用後10日間)は、施用時期が6月20日から7月20日までの範囲では、施用時期が遅いほど高くなる傾向にあった。

また、溶出割合が100%に到達する時期、すなわち、肥効の消失する時期は、6月20日施用では8月25日、7月1日施用では9月5日ごろである。これより施用時期が遅くなると、9月10日の時点で施用窒素の10～25%が残存しているものと推定される。

ついで、この溶出割合から、被覆尿素有をa当たり0.6kg施用した場合の、10日ごとの溶出量を推定したものが第1表である。

それによると、被覆尿素有を6月20日に施用した場合、7月30日までの溶出量は0.09～0.12kg/a/10日、8月以降は0.05～0.07kg/a/10日で、ほぼ8月中で肥効は消失する。同様に、7月1日の施用では、7月30日までは0.10～0.13kg/a/10日、8月以降は0.05～0.08kg/a/10日となり、9月10日ごろで溶出は終了する。

また、7月10日の施用では、7月30日まで0.11～0.14kg/a/10日、8月以降は0.06～0.08kg/a/10日で、9月10日以降に0.07kg/aとわずかではあるが施用窒素の残存が認められる。施用時期として、最も遅い7月20日の施用では、最初の10日間のみ0.14kg/a/10日であるが、それ以降は0.10kg/a/10日以下の溶出量で、9月10日以降に約0.15kg/aほど持越している。

このように、6月20日から7月20日までの施用時期では、施用後から7月30日までの推定溶出量は0.10～0.14kg/a/10日、8月以降は0.05～0.09kg/a/10日と、被覆尿素有からの窒素の溶出は極めて緩効的で、しかも、7月中の溶出量が8月以降よりも多い。

このことは、水稻栽培上、籾数の確保や登熟向上のうえで、好都合である。一方、溶出量の年次間変動についても検討したが、田面水温との関連で、わずかに増減す

本 号 の 内 容

§ 60年度農業観測

修正見通しの概要……………(1)

農林水産大臣官房調査課 田村修一

§ 水稻に対する被覆尿素有

利用した省力的な追肥法……………(3)

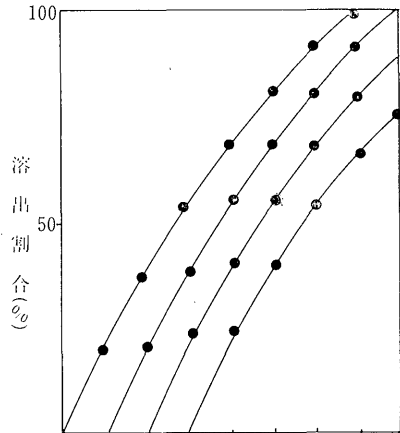
山形県農業試験場化学部 田中伸幸

るが、実用上問題にするほどの量ではなかった。

なお、被覆尿素40は、被覆尿素70に比較して、10日ごとの推定溶出量が多く、肥効の消失する時期も早かった。

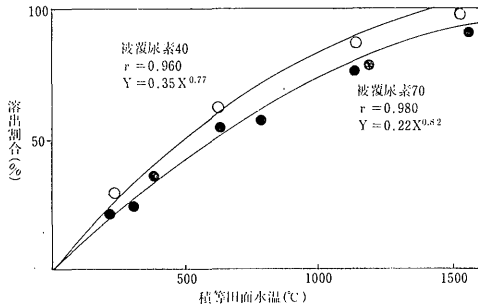
第3図 施用時期と溶出パターン

1981年山形（農試本場）の田面水温より作図

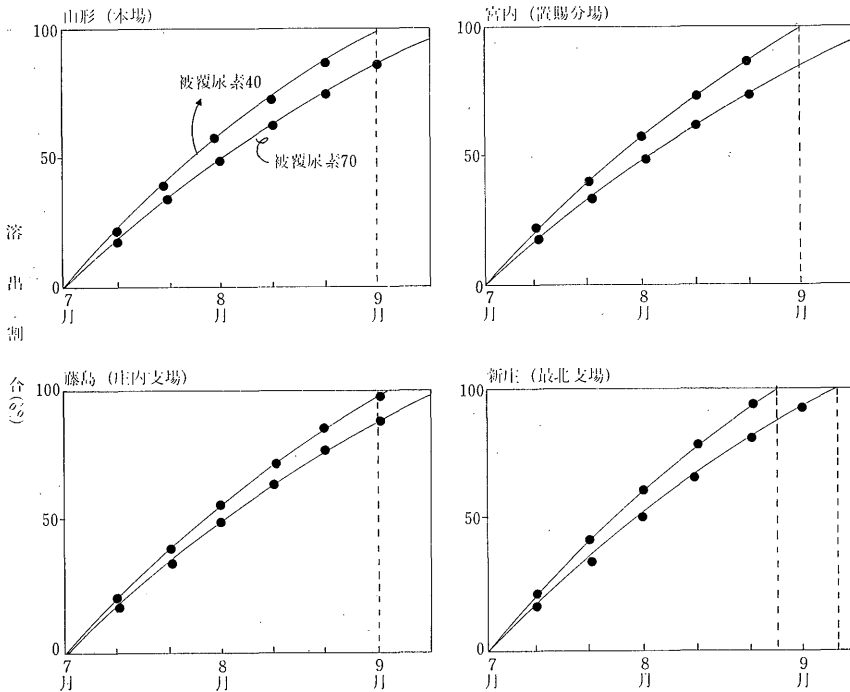


6/20 7/1 7/10 7/20 8/1 8/10 8/20 9/1 (月/日)

第1図 溶出割合と温度



第2図 地域別溶出パターン（7月1日に施用した場合、各地域の田面水温から作図）



第1表 圃場条件における溶出量の推定

(kg/a)

種 類	施用時期	期間(月/日)								残存量
		6/20	7/1	7/10	7/20	8/1	8/10	8/20	9/1	
被覆尿素70	6月20日	0.12	0.10	0.09	0.10	0.07	0.07	0.05	—	—
	7月1日		0.13		0.10	0.08	0.07	0.07	0.05	—
	7月10日			0.14	0.11	0.07	0.08	0.07	0.06	0.07
	7月20日				0.14	0.09	0.08	0.08	0.06	0.15
被覆尿素40	6月20日	0.14	0.11	0.10	0.11	0.07	0.07	—	—	—
	7月1日		0.15	0.12	0.11	0.08	0.07	0.07	—	—
	7月10日			0.16	0.12	0.09	0.08	0.08	0.06	0.01
	7月20日				0.17	0.10	0.08	0.09	0.06	0.10

a当たり、被覆肥料0.6kg施用 1981年田面水温の積算値(山形)より推定

(2) 被覆尿素的追肥と収量及び安定性

はじめに

良質米の高位安定生産には、水稻生育中期から後期の窒素栄養の重要性が数多く指摘されている。

このため、積極的に高位生産を目指している農家では、7月(穂首分化期)以降、4~5回(追肥量0.5~0.8kg/a)程度の追肥を行なっている場合が多い。

これに対して、本県農家の大部分を占める兼業農家や複合経営農家では、労力不足などから、積極的に高位生産を目指している農家に比べ、追肥回数、追肥量とも少く、収量的にも低い現状にある。したがって、これらの農家では、省力的で、しかも、収量性が高く、安定した稲作技術に対する要望が大きい。

そこで、前頁で明らかにした被覆尿素的の溶出特性を利用し、3~4回分の追肥量(a当たり0.6kg程度)を1回で、しかも、追肥時期として、収量性の向上という視

点から、出穂30~35日前に施用する省力的な追肥法について検討を行なった。その結果、本追肥法の収量性、安定性(倒伏)、さらに、経済性など総合的に評価したところ、実用化の可能性が十分にあるものと判断された。

試験方法

試験区の構成、その他について、第2表に示した。

試験結果及び考察

第3表に、追肥直前と成熟期における生育状況を示した。それによると、追肥直前(7月6日)の生育は、生育量(草丈×莖数)でみると、各区とも30.2~32.5×10³で、圃場試験の場合、この程度の生育量の差はさけることができず、以後の考察を困難にするほどの生育ムラではないものと判断した。

成熟期の稈長は、被覆尿素40は対照に比較し約4cm、被覆尿素70は約2cmほど長く、特に、溶出期間の短い被覆尿素40で稈長が長くなるようである。穂長は対照と

第2表 試験区の構成

	基 肥	追 肥 時 期			
		出穂32日前	20 日 前	10 日 前	穂 揃 期
	kg/a				
無 追 肥	0.6 (0.4+0.2)	—	—	—	—
対 照	"	—	0.2	0.2	0.2
被 覆 尿 素 40	"	0.6	—	—	—
被 覆 尿 素 70	"	0.6	—	—	—

供試品種 ササニシキ、5月17日稚苗機械移植(22.0株/m²)
 追肥日 出穂32日前：7月7日 出穂10日前：7月10日
 出穂20日前：7月20日 穂揃期：8月12日

第3表 生 育

	7 月 6 日			9 月 26 日 (成熟期)			有効莖 歩 合	倒 伏 (0~4)
	草 丈	莖 数	生育量 (草丈×莖数)	稈 長	穂 長	穂 数		
	cm	本/m ²	×10 ³	cm	cm	本/m ²		
無 追 肥	41.3	731	30.2	72.6	15.9	466	64	0
対 照	41.6	773	32.2	77.4	17.9	510	66	1~2
被 覆 尿 素 40	42.9	758	32.5	81.5	18.0	542	72	2
被 覆 尿 素 70	41.0	737	30.2	79.8	17.9	525	71	1~2

$$\text{有効莖歩合(\%)} = \frac{\text{穂 数}}{\text{7月6日莖数}} \times 100$$

第4表 収 量 性

	わ ら 重	籾 重	籾/わ ら	玄 米 重	同 左 比	しいな+屑米重
	kg/a	kg/a		kg/a	%	kg/a
無 追 肥	44.7	62.6	1.4	48.6	84	3.3
対 照	59.7	77.7	1.3	58.0	100	5.3
被 覆 尿 素 40	63.3	82.7	1.3	61.7	106	7.4
被 覆 尿 素 70	61.8	80.0	1.3	60.0	103	7.1

第5表 収量成要素

			穂 数			登 熟 歩 合			千 粒 重
			1次枝梗	2次枝梗	計	1次枝梗	2次枝梗	計	
			$\times 10^3/m^2$			%			g
無	追	肥	19.1	10.7	29.8	89.2	53.6	76.3	
対		照	21.4	16.8	38.2	81.8	44.3	65.3	21.1
被	覆	尿 素 40	23.3	18.4	41.2	85.4	48.6	69.3	21.5
被	覆	尿 素 70	23.1	18.9	42.0	86.1	47.9	68.9	21.4

大差なく、穂数は、被覆尿素40 (524本/ m^2) > 被覆尿素70 (525本/ m^2) > 対照 (510本/ m^2) と被覆尿素系列、とりわけ、被覆尿素で穂数が多く、これは、有効茎歩合の向上によるものである。

また、本試験のような、追肥時期、追肥量から考えて、倒伏が懸念されたが、成熟期の倒伏程度は全体的に軽微で、安定性が高かった。これは、被覆尿素的の溶出特性にもとづくものである。

第4表には、収量性を示したが、わら重は被覆尿素40で、63.3kg/a、被覆尿素70で61.8kg/aと対照の59.7kg/aに比較して、約4~6%多くなっているが、籾/わら比は1.3で対照とほとんど同じであった。

玄米重をみると、わら重と同一傾向で被覆尿素40(61.7kg/a) > 被覆尿素70 (60.0kg/a) > 対照 (58.0kg/a) の順で、被覆尿素的の追肥によって、3~6%ほど増収している。特に、被覆尿素40の増収率が高かった。

この増収要因を解析するため、第5表に収量構成要素

を示した。

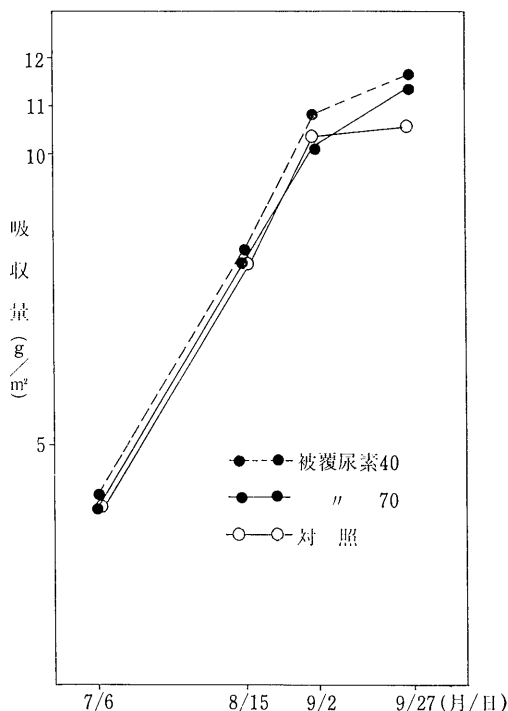
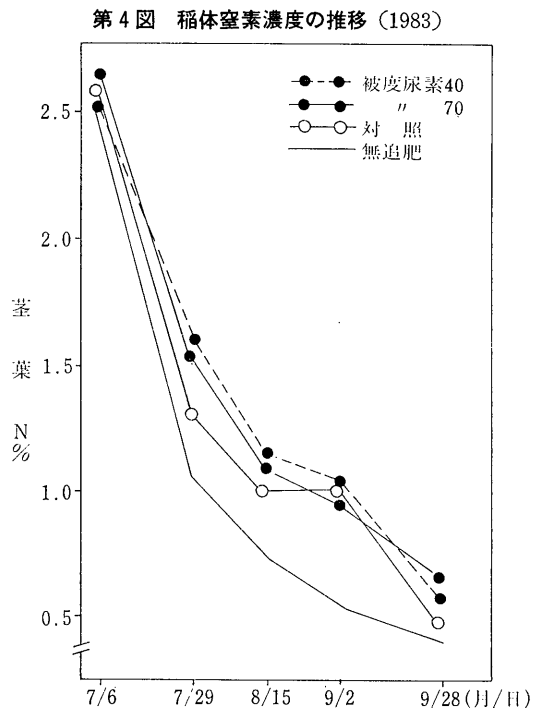
穂数は被覆尿素40と70の間には大きな差はなく、 m^2 当たり 41.2~42.0 $\times 10^3$ の範囲にあったが、対照の38.2 $\times 10^3$ に比較すると、8~10%増加している。

これは、一次枝梗穂数の増加率8~9%、二次枝梗穂数の増加率10~13%と一次、二次枝梗穂数ともに増加しているが、二次枝梗穂数の増加によるところが大きいようである。

登熟歩合は、被覆尿素系列で穂数が対照よりも多いにもかかわらず、一次、二次枝梗籾とも登熟歩合が向上し、一穂全体では、68.9~69.3%と対照に比較し、約4%ほど高くなっている。千粒重は各処理とも21.1~21.5gの範囲で、大差は認められなかった。

このように、被覆尿素的の追肥による増収機構は、有効茎歩合の向上による穂数の増加と一穂籾数の増加、さらに、登熟歩合の向上によるものである。この増収要因を

第5図 窒素の吸収経過 (1983)



稲体窒素栄養の面から検討するため、第4、5図には、稲体窒素濃度の推移と窒素の吸収経過を示した。

それによると、追肥直前の7月6日における茎葉窒素濃度は、ほぼ2.5%内外であるが、追肥約20日後の7月29日では、被覆尿素系列で約1.6%と対照よりも高い。

その後、対照では、7月30日、8月12日にa当たり0.2kgの追肥を行なっていることもあり、一時的に茎葉窒素濃度は被覆尿素系列に接近するか、やや上廻ることもあるが、登熟中期(9月以降)の低下が大きく、成熟期では被覆尿素系列で対照よりも茎葉窒素濃度が明らかに高い。

被覆尿素40と70との茎葉窒素濃度の推移を比較すると、9月2日ころまでは、被覆尿素40で高く経過する

が、その後、逆転し9月27日(成熟期)では、被覆尿素70で高くなっている。これは、前頁で明らかにしたように、被覆尿素40と被覆尿素70の溶出特性にもとづくものである。

葉色の観察では、被覆尿素40は施用後約10日目ごろから葉色に反応があらわれるのに対して、被覆尿素70は被覆尿素40よりも4~5日遅れて、施用後約14日目ころに、葉色に反応が認められた。

第5図に示した窒素の吸収経過をみると、7月以降から成熟期まで、被覆尿素系列で窒素の吸収量が多く推移している。

特に、9月2日から9月27日までの窒素吸収量に特徴がみられ、この期間、対照では窒素の吸収量が極めて少

第6表 生育及び収量

場 所	処 理	生育量	倒 伏		
			玄 米 重	同 左 比	
			kg/a	%	(0~4)
南 陽 市 (細粒強グライ土)	対 照		65.9	100	1~2
	被覆尿素40	41.5×10 ³	72.2	110	2
	被覆尿素70		69.1	105	1~2
天 童 市 (細粒灰色低地土)	対 照		68.7	100	0~1
	被覆尿素40	30.1×10 ³	74.7	109	0~1
	被覆尿素70		74.8	109	0~1
新 庄 市 (礫質強グライ土)	対 照		63.2	100	0
	被覆尿素40	28.5×10 ³	67.2	106	0~1
	被覆尿素70		68.2	108	0~1
余 目 町 (細粒灰色低地土)	対 照		67.4	100	1
	被覆尿素40	34.9×10 ³	68.5	102	1~2
	被覆尿素70		69.0	102	1
酒 田 市 (細粒強グライ土)	対 照		65.0	100	4
	被覆尿素40	45.9×10 ³	54.9	84	4
	被覆尿素70		59.6	92	4
最 北 支 場 (表層腐植質多湿 黒ボク土)	対 照		75.6	100	0
	被覆尿素40	31.0×10 ³	74.4	98	0
	被覆尿素70		75.1	100	0
置 賜 分 陽 (細粒強グライ土)	対 照		68.0	100	1~2
	被覆尿素40	34.2×10 ³	72.6	107	1~2
	被覆尿素70		74.4	109	1~2

注) 生育量: 6月30日の草丈×葉数 cm、本/m² 対照の追肥回数及び追肥量(kg 10a)

南 陽 5回 (7/11 7/21 7/26 8/7 8/18) 5.1kg
 天 童 5回 (7/1 7/23 7/28 8/10 8/23) 7.6kg
 新 庄 4回 (7/18 7/28 8/5 8/12) 6.0kg
 余 目 4回 (7/22 7/27 8/6 8/13) 5.2kg
 酒 田 3回 (7/14 7/27 8/10) 4.5kg
 最 北 4回 (7/7 7/16 7/24 8/11) 8.0kg
 置 賜 1回 (7/17) 1.5kg

被覆尿素的追肥時期及び追肥量

各地域の出穂期を考慮し、出穂約30~35日前とした。(7月2日~7月9日)追肥量は10a当たり6kgを1回で施用。

第7表 平均値の検定

		対 照	被 覆 尿 素 40	被 覆 尿 素 70	有 意 水 準
稈	長 (cm)	78.9 ^a	81.7 ^b	80.3 ^a	5%
穂	長 (cm)	17.8 ^a	19.0 ^b	18.8 ^b	1%
穂	数(本/m ²)	508 ^a	544 ^b	511 ^a	1%
わ	ら 重 (g/a)	62.5 ^a	67.9 ^b	67.9 ^b	1%
玄	米 重 (g/a)	68.1 ^a (100)	71.6 ^b (105)	71.8 ^b (105)	1%
し	いな+屑米重 (gKa)	2.3	3.4	2.8	有意差なし

注: 酒田市を除く6カ所の平均 異符号間で有意差あり

第8表 収 益 性

場 所		粗 収 益	肥 料 費	労 働 費	収 益 増 加
		(1)	(2)	(3)	(1)-(2)-(3)
		円	円	円	円
南	陽 市	9,956	764	△1,712	10,904
天	童 市	18,979	290	△1,712	20,401
新	庄 市	15,557	356	△1,284	16,485
余	日 町	4,978	240	△1,284	6,022
酒	田 市	△16,801	750	△ 856	△16,695
最	北 支 場	△ 1,556	△ 460	△1,284	188
置	賜 分 場	19,912	2,300	0	17,612

被覆尿素70と対照との差で、△は対照に対して減を示し、単位は10a当たり円である。

米 価: 昭和59年産政府買入れ価格

NK化成: 68円/kg (425円/N-kg)

労 働 費: 856円/時間 (昭和58年度米生産費より)

被覆尿素: 196円/kg (490円/N-kg)

追肥時間: 30分/10a (準備、後作業時間も含む)

以上の条件によって、粗収益、経営費を算出し、収益増加を求めた。

肥 料 代: 対照の追肥は全てNK化成を使用したものと仮定する。

なく、平衡状態に達しているが、被覆尿素系列では、窒素の吸収が持続していることを示し、被覆尿素70で、この傾向が顕著である。

以上のように、被覆尿素を出穂32日前に、a当たり0.6kg施用した場合、同量を出穂20日前から3回に分けて分施した対照と比較し、7月下旬以降成熟期まで茎葉窒素濃度が高く推移し、稲体活力が生育後期まで維持されていたものと推定される。

このことが、籾数の増加や登熟向上に大きく寄与したものと考えられる。

なお、本追肥法の現地実証を1984年に実施したが、その収量性、経済性を検討した結果を第6, 7, 8表に示した。

それによると、著しい倒伏のため解析が不能になった酒田市を除く6カ所の平均では、被覆尿素的追肥によって、穂数の増加、長穂化さらに、玄米重では5%ほどの

増収が認められた(最高増収率10%)。

酒田市における倒伏の原因は初期生育が過大であったために引き起こされたもので、被覆尿素的追肥が直接的な原因ではないものと考えられる。

また、本追肥法の経済性を評価したところ、収益性は収量の増加程度によって大きく左右され、平均的な増収率(5%)の場合、10a当たり約1万円程度の収益増加となる。なお、肥料費の増加は労働費によって相殺され、経営費は、被覆尿素的追肥によって減少する例が多いようである。

以上の結果から、本追肥法の実用化の基準は次のように要約される。被覆尿素70を出穂30~35日前(7月5~8日)に、a当たり0.6kg施用することである。

なお、倒伏との関連で、追肥直前(6月30日)の生育量(草丈×莖数)が4万以下であることが必要である。