

晩秋から早春にかけての牧草の生育特性と肥培管理 (3)

Ⅲ 模擬的越冬実験による越冬、再生過程での施用窒素の動きについて

山 神 正 弘* 奥 村 純 一*

Growth Characteristics and Management of Pasture
Crops from Late Autumn to Early Spring
III. Effects of absorbed nitrogen on regrowth in early
spring by using simulated wintering conditions

Masahiro YAMAGAMI and Jun-ichi OKUMURA

オーチャードグラスに対する秋施肥の効果について、越冬前に吸収された窒素の萌芽再生時における意義を検討した。人工気象箱を用いた模擬的越冬条件下で、土壌中の残存窒素の再生過程での影響を無くするために砂土を用い、越冬処理前に土壌中の残存窒素を洗い流し実験を行なった。その結果、越冬前に吸収された窒素のうち萌芽時に利用される形態はおもに株部のアミド態窒素であることがわかった。したがって秋の施肥は、その施用された窒素が吸収利用されて株部が肥大し、越冬直前に株部のアミド態窒素の蓄積が多くなるような時期、すなわち9月中旬から10月上旬に行なう場合に効果が大きいと考えられる。しかしアミド態窒素は全窒素の30%程度を占めるにすぎないので、体内成分としての窒素の翌春収量に対する効果を過大に評価することはできない。9月中旬より前の施肥は、株部を肥大させるものの、茎葉の伸長が旺盛で茎葉部への施肥窒素の配分も多く、またその茎葉は越冬前後に枯死脱落する部分が多いので、越冬前の株部のアミド態窒素の蓄積が少なくなり、再生のごく早い時期に窒素不足をきたすと考えられた。

I 緒 言

天北地方のような積雪寒冷下で展開する酪農専業地帯では、草地の生産性ならびに利用度を高める一環として利用期間の拡大策に多くの関心が払われている。このため秋期における草地の利用管理と翌春収量の因果関係の解明は当面する緊要な課題となっている^{6,7)}。

前報⁷⁾では草地に対する秋期の時期別施肥効果を窒素について検討し次の3時期に区分することを提起した。すなわち

前期：牧草の貯蔵部位、養分蓄積の増大する10月上旬以前

中期：牧草体内の窒素濃度が高まる反面、貯蔵炭水化物を減少させる10月中旬から11月上旬

後期：越冬前の窒素施肥に牧草がほとんど反応せず、主として土壌中の残存窒素によって翌春の生育が影響される10月下旬から11月下旬

しかしこの場合、中期と称する時期に施用された肥料の翌春での効果発現については、吸収貯蔵された窒素と土壌中に残存された窒素が萌芽時点で同時に作用するため、この期に施用された窒素のもつ栄養生理的意味が不明確であった。また10月中旬～11月上旬における気温の推移が不安定で、年次によってはその振れが大きく、当該時期に施肥してもしばしば前期または後期施肥的な窒素の動きとなって翌春の再生に反映し、解釈に苦しみ場合もあった。これらの現象は当該時期に限ったわけではなく、一般に圃場条件下においては、越冬前に吸収された窒素の萌芽への影響に関する解析が難しいこともあって直接的には検討されることがない。

1974年10月7日受理

* 北海道立天北農業試験場 枝幸郡浜頓別町

そこで筆者らは模擬的越冬条件を設定し、不安定な気象要因を消去し、土壌中に残存する窒素の影響を無くすることによって吸収された窒素の動態や萌芽再生との関係などを調査し、前・中期施肥のもつ意義を少しでも理解しようと試み若干の結果をえたので報告する。

本報告は北見農業試験場長中山利彦氏、中央農業試験場化学部長松代平治氏および当試験場場長森哲郎氏(現上川農業試験場場長)にご校閲をいただいた。また当試験場土壌肥料科坂本宜崇研究員には、本研究の遂行に際し、援助と有意義な示唆をいただいた。以上の各位に深謝する。

II 試験方法

試験1 模擬的越冬実験による越冬—再生過程での牧草体内における施用窒素の動きについて

(1) 供試牧草および耕種概要

1971年6月下旬、砂土(3.5 kg)を充填した1/5000・aのワグネルポットにオーチャードグラス(フロード)を播種し、基肥としてN, P_2O_5 , K_2O (硫安、過石、硫加)をそれぞれ0.3 g、炭カル、FTEをそれぞれ5 g、0.3 gずつ与えた。栽植本数はポットあたり8個体とし、同年8月31日に刈取り後供試した。

(2) 試験区の構成および試験条件

10月中旬から11月下旬にかけて窒素が施肥された状態で越冬を迎えるような、窒素濃度が高くしかも炭水化物含有率が相対的に低いオーチャードグラスを作り、また越冬時の土壌中には窒素が残存している、などの条件のポットを作成するために短期間で施肥窒素を吸収させる必要がある。このため人工気象箱を用いて、実際の10月中旬の気温よりも高い気温13°C、日長9時間(自然光)で、8月31日に後述するそれぞれの窒素量を施肥して9月22日まで生育させた後、ポットの半数を2昼夜水道水で洗い流し、9月24日から11月26日まで1~3°Cの低温貯蔵庫(暗黒)に入れ(越冬処理)、11月26日に気温15°C、日長16時間(蛍光灯により朝夕合計5時間補光)の人工気象箱に再び搬入し、12月16日までの約3週間再生(再生過程)をさせた。試験区は窒素用量(0, 0.3, 0.6 g/pot)×(土壌を水で洗った場合、洗わなかった場合)×4反復である。以下の論述および表、図の中では土壌を水で洗った場合を洗区、洗わなかった場合を無洗区とする。なお低温貯蔵庫を用いることによって越冬条件と仮定したのは雨水、融雪水などが土壌中に残存する窒素へ与える影響を避けるためである。

(3) 分析方法

分析用試料は70°Cで2昼夜風乾後粉碎し、40メッシュの篩をとおしたものを用いた。炭水化物は0.25%茺酸を用いて1時間沸とう浴中で加水分解後、中和、除蛋白をしたのち、アンスロン法にて還元糖量として定量しTAC (Total available carbohydrate)として表示した。窒素化合物は常法によるケルダール法のほかに水溶性画分は80°C湯浴中で1時間抽出したものを供試した。アミド態、アンモニア態、硝酸態窒素はConwayの微量拡散法⁴⁾により求めた。全窒素は微量拡散法で求めた硝酸態窒素と常法によるものの合量である。

試験2 秋の窒素施肥時期が越冬前のオーチャードグラスの窒素成分におよぼす影響

(1) 供試牧草および耕種概要

天北農試圃場の作土(Ť CL)をポットに充填しFTEを施与しなかったこと以外は試験1と同様であり、8月31日に刈取り後field条件下の地温、気温に対応させるためにすべてのポットを戸外の土中に埋めて供試した。

(2) 試験区の構成

窒素施肥時期(9月10日、10月1日、10月10日、11月1日、無施肥)×4反復とし、施肥窒素の量はポットあたり0.3 gとした。これらについて9月10日より根雪となった11月25日まで約10日間隔で掘取り調査した。

(3) 分析方法

試験1に準じた。

III 結果と考察

1 模擬的越冬実験による越冬—再生過程での牧草体内における施用窒素の動きについて

本試験は早春萌芽に際して、土壌中に残存する窒素の影響を分離し、越冬前に植物体内へ吸収された窒素の再生過程における意義を検討するために行なった。

越冬直前に水道水で洗い流した後の土壌中に残存する窒素量は表1に示した。供試した砂土は粗砂37.4%、細砂60.9%、CEC 2.52 me/100 g、窒素含有率0.06%、腐植0.2%であり、添加した無機態以外の窒素の生育へおよぼす影響は小さいと考えられる。洗区では施肥窒素の残存量がきわめて少なくなり、この処理によって再生時のオーチャードグラスは土壌からの供給窒素に依存することなく生育させる条件となった。なお9月24日から11月26日までの越冬条件下において、低温貯蔵庫内の位置関係から窒素0.6 g

表1 水洗処理による土壌中残存無機態窒素の量

窒素 用量 g/pot	mg/100 g soil			mg/pot		
	越冬前*	越冬後**		越冬前	越冬後	
		無洗区	洗区		無洗区	洗区
0	0.24	0.23	0.11	8	8	4
0.3	3.49	1.95	0.24	122	68	8
0.6	6.80	4.96	0.31	238	174	11

* 越冬前とは9月22日の水洗処理をする前の状態

** 越冬後とは水洗処理をし、越冬処理を終った11月26日の状態

の無洗区のポットが凍結したため以下の論議の対象から除外する。

オーチャードグラスの生育の経過を表2に掲げた。越冬前の生育は窒素用量に従い、まず草丈では窒素0g<0.3g<0.6gとなった。しかしながら越冬処理前の生育期間が短いために従属栄養による生長過程が大半を占めたことにより茎葉部重は窒素0g<0.3g<0.6gとなり、株部は窒素用量の少ないほうが損耗が少なくなかって充実した形となった。越冬期間中、株部は減少し、窒素0、0.3gでは無洗区のほうが洗区よりその減少率が大きかった。再生過程では窒素0.3g、

0.6gが窒素0gより草丈でまさり、茎数も増加し茎葉部重も多かった。しかし全乾物重では窒素施肥の有無以外では差がなく、しかも再生期間における増大はみられなかった。また土壌中に残存窒素のある無洗区と、もっぱら越冬前に吸収した窒素のみを再生に利用した洗区の間には生育上の差はほとんどなかった。このことは再生期間が約3週間に過ぎず、また日射量が少ない条件(12月)であったことが関連していると思われる。

このような生育条件下におけるTAC、全窒素含有率の変化を表3に示した。越冬前のTAC含有率は窒素施肥量が多いほど低く、全窒素含有率はその逆であった。窒素0gのTAC含有率が越冬中に低下しなかった原因は明らかでないが、窒素施用区では茎葉部、株部ともに越冬中に低下し、無洗区でその低下の度合いが洗区より大きかった。全窒素含有率は越冬一再生のすべての過程をとおり、窒素を多用する区で高いのは当然であるが、無洗区では洗区より茎葉部、株部中の含有率が高い値を示した。このことは乾物重の減少により濃縮されたこともあろうが越冬中に吸収したとも考えられ、これらについては後述する。再生過程に入るとすべての区の株部でTAC含有率は著しく

表2 越冬前の窒素施肥量の違いと土壌中残存窒素の有無がオーチャードグラスの生育におよぼす影響

		土壌の水洗の有無	窒素用量(g/pot)および調査時期								
			0			0.3			0.6		
			越冬前	越冬後	再生期*	越冬前	越冬後	再生期	越冬前	越冬後	再生期
草丈 cm	無洗区		10.3	9.3	16.8	14.8	15.0	29.1	16.6	17.9	(—)
	洗区			9.6	15.7		17.0	30.2		16.0	31.4
基本 本/pot	無洗区		51	40	48	45	58	72	49	58	(—)
	洗区			44	43		52	71		49	70
乾物重 g/pot	茎葉部	無洗区	0.62	0.27	0.41	1.13	0.92	1.83	1.34	1.34	(—)
		洗区		0.35	0.49		1.05	1.88		0.94	1.93
	株部**	無洗区	4.43	3.03	2.18	4.42	3.47	2.81	4.04	4.15	(—)
		洗区		3.25	2.86		3.61	2.97		3.53	2.53
物	根部	無洗区	4.59	6.20	5.05	4.82	4.69	4.29	5.08	5.77	(—)
		洗区		5.09	5.06		5.00	4.58		5.58	4.88
重	枯死部	無洗区	—	1.58	1.62	—	0.87	1.83	—	0.80	(—)
		洗区		1.10	1.45		1.07	1.28		0.78	1.36
g/pot	全乾物重	無洗区	9.64	11.08	9.26	10.37	9.08	10.76	10.46	12.06	(—)
		洗区		9.78	9.86		10.73	10.71		10.83	10.73

* 再生期とは高温(15°C)、長日処理を3週間つづけた12月16日を示す

** 株部とは地ぎわより5cmまでの葉鞘としそれ以上の部分は茎葉部とした

表3 越冬処理前後の TAC・全窒素含有率の推移

(%)

窒素用量 g/pot	調査時期	TAC				T-N					
		茎 葉 部		株 部		茎 葉 部		株 部		根 部	
		無洗区	洗 区	無洗区	洗 区	無洗区	洗 区	無洗区	洗 区	無洗区	洗 区
0	越冬前	14.1		32.1		0.81		0.89		0.71	
	越冬後	17.8	16.9	37.6	37.4	1.02	0.73	0.97	0.79	0.74	0.71
	再生期	4.1	4.5	20.4	24.7	1.63	1.06	0.94	0.69	0.64	0.73
0.3	越冬前	8.7		26.6		2.32		2.11		1.25	
	越冬後	3.0	3.4	20.7	21.4	3.33	2.91	3.10	2.80	1.37	1.23
	再生期	3.0	4.7	7.8	9.4	4.26	2.85	2.62	2.08	1.27	1.29
0.6	越冬前	7.5		25.4		2.89		2.27		1.21	
	越冬後	2.2	2.8	16.4	21.8	3.84	2.96	3.65	3.06	1.57	1.27
	再生期	(—)	4.0	(—)	7.0	(—)	3.21	(—)	2.62	(—)	1.02

低下した。とりわけ無洗区の株部でその減少率が大きく、全窒素含有率が無洗区で高かったことと対照的である。再生過程なので全窒素含有率は株部で低下したが根部での低下は小さく、茎葉部では高くなった。

図1にはアンモニア態窒素、硝酸態窒素、アミド態窒素各含有率の推移を示した。越冬—再生の過程でそれぞれ特異な変化をしている。まずアンモニア態窒素含有率は実験期間を通じて他の形態窒素に比べ低いが、越冬中では窒素施用量に応じて茎葉部、株部で高くなった。そして洗区に比し無洗区でその上昇率が大きく、この傾向は茎葉部でより著しかった。炭酸同化が行なわれる再生過程で減少したことはアンモニア態窒素そのものが植物では通常多くは集積しないこと⁵⁾からよく理解できる。つぎに硝酸態窒素の動向についてみると洗区では茎葉部、株部とも越冬中にその含有率が上昇せず、再生過程で増加した。無洗区では越冬中にも含有率が高くなり、再生過程でより上昇した。また硝酸態窒素は越冬—再生過程を通じて茎葉部のほうが株部より高く推移していた。アミド態窒素含有率はアンモニア態窒素、硝酸態窒素に比べて高かった。またアミド態窒素は一般に越冬中に高くなり、再生過程で半減しているが、とくに株部での変化が大きかった。これらの様相を通じてアンモニア態窒素はその含有率が相対的に低く、硝酸態窒素は茎葉部で高く、とりわけ再生過程(高温)で上昇する傾向にあった。これに対してアミド態窒素は越冬中に株部において高く、再生過程で半減していることから低温時の貯蔵形態としての意味をうかがわせる。なお根部におけるこれら水溶性窒素成分の含有率は株部におけるそれらの数分の1で、硝酸態窒素が再生過程で減少したことが以外は株部にほぼ準じた動きであった。

越冬前後の窒素成分のうち近藤^{2,3)}は水溶性窒素に注目している。そこで株部における水溶性窒素、アミ

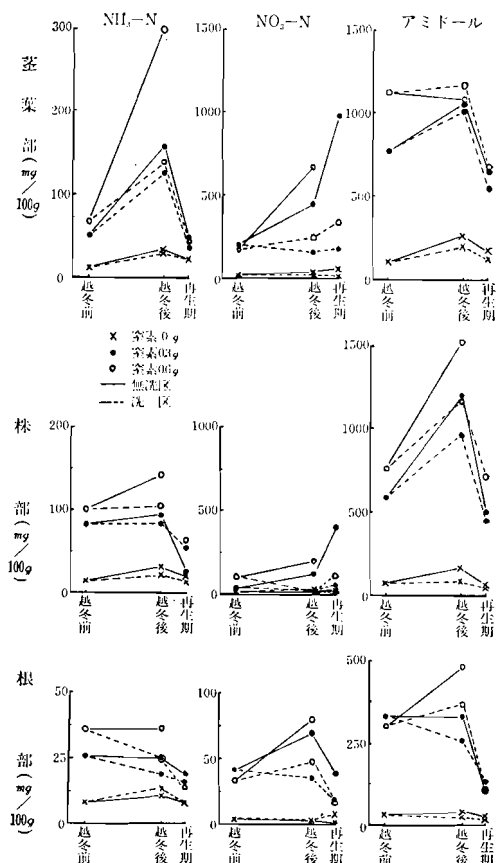


図1 越冬—再生時のアンモニア態、硝酸態、アミド態各窒素含有率の推移

表 4 株部における水溶性窒素, アミド
態窒素の全窒素に対する割合 (%)

窒素 用量 g/pot	調査時期	水溶性-N/T-N		アミド-N/T-N	
		無洗区	洗 区	無洗区	洗 区
0	越冬前	—		7.8	
	越冬後	49.7	45.6	16.4	10.4
	再生期	43.4	—	6.2	1.6
0.3	越冬前	57.6		27.9	
	越冬後	61.7	60.6	38.7	34.7
	再生期	68.3	51.9	18.7	21.6
0.6	越冬前	60.6		31.3	
	越冬後	62.8	62.2	41.8	38.3
	再生期	(—)	55.0	(—)	27.0

ド態窒素の全窒素に占める割合を表4に掲げた。水溶性窒素の割合は越冬—再生過程を通じて窒素施用により高まった。一方アミド態窒素も窒素施用量が多いほどその割合は高く推移したが、水溶性窒素の割合の増加率よりも一層その傾向は顕著で再生により急激に減少している。すなわち、越冬前における施用窒素の吸収後の形態はアミド態窒素の比重が大きいと考えられる。

これまでは各成分含有率の推移を中心に述べたが、これらの動きは量的な考えで把握する必要がある。この場合、乾物重の乱れや枯死部分を除外しているので各部での変化を正確に捕えることはできないけれども推定することは可能であろう。そこでまず全窒素含有量の変化を表5に示した。これによれば、越冬中の全窒素含有量は窒素を施用した無洗区では明らかに増加

しており、低温 (1~3°C) 暗黒条件でも吸収のあったことを示している。再生過程で、窒素吸収のできない洗区において株部、根部で含有量が減少し、茎葉部で増加していることは窒素の株部、根部から茎葉部への転流を示唆している。また再生過程で、全体としての含有量の低下は枯死部への脱落であろう。これらの関係を窒素 0.3 g の洗区についてみると、株部、根部での減少量は 42 mg であるのに対し茎葉部での増加量は 23 mg であり、その差は枯死部へ脱落したと考えられる。また窒素 0.6 g の洗区についても同様に株部、根部での減少量と茎葉部での増加量には 29 mg の差があり、枯死部への脱落があった。再生過程で窒素吸収の可能な窒素 0.3 g の無洗区では株部、根部での減少量と茎葉部での増加量がそれぞれ 44 mg, 47 mg とほぼ等しくなった。しかしこの区においても当然、枯死部への脱落があり、また土壌からの窒素の吸収もあるので株部、根部での減少量をただちに茎葉部への転流量とみなすことはできない。窒素 0.3 g の無洗区と洗区の全体としての含有量の差を、無洗区における再生過程での吸収量と考えると 31 mg であるが、越冬後にすでに両区の間に 9 mg の吸収量の差があるので再生過程での吸収量は 22 mg とみなしうる。しかしながら各部位における転流部分と吸収部分は分かち難い。このように全窒素でみる限り、越冬前に吸収された窒素が再生に利用され、また無洗区の再生過程で窒素が吸収されたことはわかるものの、その動きは不明確である。そこで窒素 0.3 g の処理を例にとり株部、茎葉部での窒素各成分量の再生過程における動きを図2に示した。

窒素各成分量で大きく変動しているのは洗区、無洗区をとわず株部のアミド態窒素と無洗区の硝酸態窒素

表 5 越冬処理前後の各部位における全窒素含有量の推移 (mg/pot)

窒素用量 g/pot	調査時期	茎 葉 部		株 部		根 部		合 計*	
		無洗区	洗 区	無洗区	洗 区	無洗区	洗 区	無洗区	洗 区
0	越冬前	5		39		42		86	
	越冬後	3	3	29	26	46	36	78	65
	再生期	7	5	20	20	32	37	59	62
0.3	越冬前	26		93		60		179	
	越冬後	31	31	108	101	64	62	203	194
	再生期	78	54	74	62	54	59	206	175
0.6	越冬前	39		92		61		192	
	越冬後	51	28	151	108	91	71	293	207
	再生期	(—)	62	(—)	66	(—)	50	(—)	178

* 合計に枯死部の窒素量は含まない

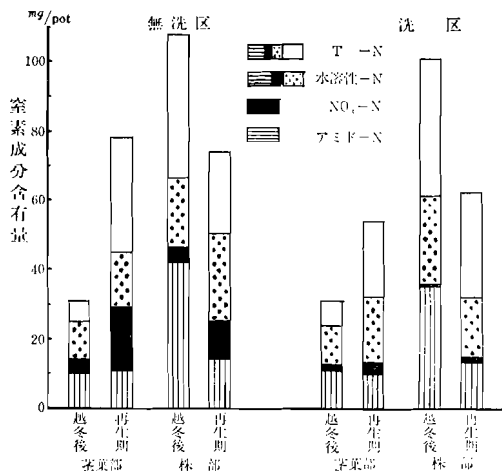


図2 窒素0.3gの茎葉部および株部の再生過程における窒素成分量の推移

表6 再生過程における各部位での窒素成分の変化量 (mg/pot)

窒素用量 g/pot	土壌の水 洗の有無	部 位	窒素成分の変化量		
			T-N	アミド-N	NO ₃ -N
0.3	洗 区	株 部	-39*	-22	+1
		根 部	-3	-7	-1
		株部+根	-42	-29	0
		茎葉部	+23	+1	+2
	無洗区	株 部	-34	-28	+7
		根 部	-10	-11	-2
		株部+根	-44	-39	+5
		茎葉部	+47	-1	+14
0.6	洗 区	株 部	-42	-23	+2
		根 部	-21	-16	-2
		株部+根	-63	-39	0
		茎葉部	+34	+2	+4

* -は窒素の減少量を+は増加量を表わす

であり、再生過程での体内窒素の動きを理解するうえでこれらの両窒素成分が大きな比重を占めていると考えられる。このため表6に根部をも含めたアミド態窒素、硝酸態窒素の変化量を掲げ体内窒素の動きを推察しようと試みた。まず窒素0.3gについてみると洗区では株部のアミド態窒素が22mg減少し、茎葉部での全窒素増加量23mgとよく対応した。一方無洗区での

株部のアミド態窒素の減少量は28mgで、茎葉部での全窒素の増加量は47mgであり、その差は19mgと大きかった。しかし茎葉部での全窒素増加量から再生過程で増加した硝酸態窒素(14mg)を差し引くと33mgで、株部でのアミド態窒素の減少量28mgと量的にはほぼ匹敵した。つぎに、根部のアミド態窒素の減少量を見ると洗区、無洗区でそれぞれ7mg、11mgとなり、株部のそれと合わせると茎葉部での全窒素増加量(無洗区については、前述の理由により再生過程で吸収されたと考えられる硝酸態窒素を除く)よりそれぞれ6mgずつ多くなった。同じように、窒素0.6gの洗区についてみると株部のアミド態窒素の減少量は23mgを示し、茎葉部の全窒素増加量は34mgであった。根部のアミド態窒素の減少量16mgを株部のそれに加えると、茎葉部での全窒素増加量を充分補い5mgだけ多くなった。重複を避けるため、表示はしていないが、前掲の乾物重および窒素成分含有率から窒素0gについて同様な計算を行なった。なお窒素0gでも根部のアミド態窒素は減少したがその含有率はきわめて低く、量的に微量であり、その再生過程への影響は無視するほど小さいのでここでは除外した。無洗区では株部のアミド態窒素の減少量が3.7mg、茎葉部での全窒素増加量は4mgとなり、また洗区では前者が2.3mg、後者は2mgとここでもほぼ相対応した。すなわち、再生過程での茎葉部の窒素増加量は、株部および根部のアミド態窒素の減少量で充分補われ、減少したアミド態窒素のうち大半は株部のものであった。また茎葉部の窒素増加量と、株部および根部での窒素減少量の差は、枯死部への脱落であろう。このように、根部でのアミド態窒素の減少量を考慮しても、再生過程の茎葉部形態に対する株部のアミド態窒素の意味は大きいと考えられる。

以上、越冬—再生過程での窒素成分の動きについて、含有率の変化を含めて考えると、秋期の低温時において窒素が相対的に余剰のときは、主に株部にアミド態窒素として貯蔵され、再生過程ではこのアミド態窒素が再生茎葉部の形成に利用され、この期に吸収されて相対的に余剰となった窒素は硝酸態窒素で保有されると推察される。

2 秋の窒素施肥時期が越冬前のオーチャードグラスの窒素成分におよぼす影響

ここでは秋期の field 条件下における窒素の施肥処理が、体内成分の動向におよぼす影響について調査し、前項でえられた結果の適合性について検討した。

表7には、オーチャードグラスの越冬前生育におよぼす影響について調査した結果を掲げた。これによれ

表 7 窒素の施肥時期と越冬前のオーチャードグラスの生育との関係

	施肥時期 (月・日)	調 査 時 期 (月・日)							
		9. 10	9. 21	10. 1	10. 10	10. 20	11. 1	11. 10	11. 25
草 丈 cm	無 施 肥	20.2	25.3	24.6	19.1	18.8	18.5	14.3	15.0
	9. 10		28.3	25.6	21.1	18.7	18.3	17.0	17.2
	10. 1				22.2	18.2	17.4	17.3	15.9
	10. 10					17.8	18.3	18.2	16.6
	11. 1							16.7	15.0
茎 数 本/pot	無 施 肥	61	73	94	109	116	126	127	117
	9. 10		79	121	131	148	153	146	140
	10. 1				121	137	146	141	145
	10. 10					128	136	140	139
	11. 1							115	124
茎葉部 乾物重 g/pot	無 施 肥	1.86	4.12	4.43	3.47	3.69	3.04	1.78	1.10
	9. 10		4.61	5.88	6.09	5.88	3.66	3.59	2.28
	10. 1				4.81	4.82	3.39	3.29	2.10
	10. 10					4.00	3.17	3.47	2.49
	11. 1							2.51	1.47
株 部 乾物重 g/pot	無 施 肥	3.41	5.87	8.28	9.54	10.33	9.71	9.36	9.29
	9. 10		5.76	7.73	10.82	12.49	11.48	12.40	12.71
	10. 1				9.16	10.15	10.85	11.43	13.12
	10. 10					10.30	10.88	12.37	13.20
	11. 1							10.22	9.45

ば草丈を増加させる施肥時期は10月1日までで、それ以降の処理は生葉部分の減少をくいとめる形となり、このことは茎葉部重の推移をみても明らかである。茎数に対しては10月10日までの施肥が有効であり、11月1日施肥はほとんど効果がなかった。9月10日施肥は茎葉部の伸長が優先され、しかる後に株部の充実となり、10月1日、10月10日の施肥は茎葉部よりむしろ株部の増大に効果があった。11月1日施肥では乾物重の変化はほとんどなかった。

このような生育経過をしたオーチャードグラスの越冬直前における株部の TAC、窒素成分を表8に示した。TAC 含有率は10月10日までの施肥によって窒素無施肥とほぼ同じレベルまで回復しているが、11月1日施肥では無施肥に比べ低下したまま越冬を迎えている。乾物重の差と相まって TAC 含有量は9月10日、10月1日、10月10日施肥>無施肥>11月1日施肥の順に大きかった。これに対して、全窒素含有率は施肥時期が遅いほど高く、含有量では10月1日、10

表 8 窒素施肥時期が越冬前のオーチャードグラスの株部における TAC、窒素成分におよぼす影響

施肥時期 (月・日)	TAC (%)	T-N (%)	TAC g/pot	T-N mg/pot	アミド-N mg/100 g	NO ₃ -N mg/100 g	NH ₃ -N	水溶性-N T-N (%)	アミド-N T-N (%)
無 施 肥	43.2	1.33	4.01	124	132	22	25	46.2	9.9
9. 10	41.9	1.77	5.33	225	336	12	37	48.6	19.0
10. 1	38.9	2.14	5.11	281	538	9	54	53.8	25.1
10. 10	43.2	2.22	5.70	293	610	7	60	52.8	27.5
11. 1	35.1	2.76	3.32	261	877	44	104	56.9	31.8

月10日施肥>11月1日施肥>9月10日施肥>無施肥となった。つぎに窒素成分の中で、硝酸態窒素含有率はきわめて少なく、またアンモニ態窒素は施肥時期が遅いほど高いがその含有率のレベルは25~100 mg/100 g となり、全窒素に占める割合もきわめて低かった。窒素の施肥時期と明確に反応しているのはアミド態窒素含有率であった。すなわち、施肥時期が遅くなるほど上昇するが、11月1日施肥では0.88%にも達し、従って全窒素に占めるアミド態窒素の割合も9月10日施肥の19.0%から11月1日施肥の31.8%に増えていた。これに対応し、当該成分の越冬前における含有量も、無施肥から11月1日施肥処理の順に並べると、それぞれ12 mg, 43 mg, 70 mg, 80 mg, 83 mg と高まる傾向を示した。また水溶性窒素の全窒素に占める割合も、施肥時期が遅くなるほど高くなるが、アミド態窒素の傾向ほど顕著ではなかった。

さて、越冬前におけるオーチャードグラスの株部の諸形質からみて、秋の施肥時期について考えると、株部の肥大をもたらす、TAC 含有量、窒素含有量ともに増加させた10月10日までの施肥と、株部の肥大が伴わず窒素含有量のみ増大し、TAC 含有量、含有率ともに低下させた11月1日施肥に区分される。このうち前者をアミド態窒素量についてみると9月10日施肥はその後の10月1日、10月10日施肥に比べ明らかに少なく、窒素栄養的に考えるならば差異があり、萌芽再生直後の早い時期に窒素不足に陥るであろうことを推察させた。また11月1日施肥はアミド態窒素含有率が高く、全窒素に占めるアミド態窒素の割合も多く、TAC 含有量も減少していることなどから、試験1の窒素施用区におけるこれら成分の変化とよく対応した。当該時期の施肥は、前報⁷⁾において提起した秋期の施肥の区分のうち中期に相当する時期であり、試験1の模擬的越冬実験の結果はこの中期の施肥について検討したことになると考えられる。

IV 総合論議

field 条件下における秋の窒素施肥時期と越冬前のオーチャードグラス諸形質との関係(試験2)は前報⁷⁾で提起した秋施肥の栄養生理的区分ともよく合致していた。そこで前報で3区分した施肥時期のうち前期、中期施肥のもつ栄養生理的意味について、試験1でえられた結果を内挿しながら改めて考えてみたい。

まず、10月上旬以前と区分される前期施肥は越冬における株部の TAC、アミド態窒素の量を増大させ、翌春の萌芽を良好にする。この場合において、萌

芽後の窒素の動向を念頭に入れると同時期はさらに2分割されよう。すなわち、9月10日のような早い時期の施肥は茎葉部の伸長をうながし、これは越冬前の早い時期に同化器官として利用し、株部の TAC 量は増大するので再生時の茎葉伸長が大きい。しかし、そのために株部への窒素の配分が少なくなり、また茎葉部のほとんどは越冬前後に枯死部として脱落することもあるため、株部のアミド態窒素は少なく、再生後の窒素欠乏がより早期にくるものと推測される。また10月上旬ごろの若干遅い施肥になると、株部の TAC 量がやや少ない反面、吸収された窒素が多い状態で越冬する。TAC 量が少ないため萌芽再生時の生育量は若干低い体内窒素量、なかでもアミド態窒素量が多いので、前述の早い施肥処理の場合よりも窒素欠乏の発現はやや遅延すると思われる。これらの言及は前報において示された翌春の収量傾向⁷⁾—9月中旬までの施肥は伸長期に、10月上旬の場合は穂揃い期に、収量の各ピークが移動する事実—を窒素栄養の面からも説明することができる。

つぎに、10月中旬から11月上旬にかけての中期施肥は、株部のアミド態窒素を増大させる。これは当該時期での炭酸同化作用に対して、相対的に余剰の窒素となるためであり、株部重が増加せず、しかも僅かではあるが TAC 含有率が下がり、従って TAC 量を減少させている。このような状態におけるアミド態窒素は、再生過程で利用されるのでそれなりの意味をもち、量的には10月上旬施肥の場合とあまり変わらないが、TAC が少ないために結果として萌芽再生の不利は免れない。その上、当該期間の窒素吸収量は前期施肥(10月上旬以前)に比べて少ないので、土壌中への残存窒素量を増すことにもなり、栄養生理的にみていわゆる秋施肥としては積極的意味に乏しいと考えられる。

これらのことから、越冬前に吸収された窒素のうち、萌芽再生時に利用されるのは主として株部のアミド態窒素であるので、施肥は越冬直前に株部のアミド態窒素の蓄積が多くなるような時期、すなわち、9月中旬から10月上旬に行なう場合に効果が大きくなると考えられる。しかしアミド態窒素は全窒素の30%程度を占めるにすぎないので、翌春収量(1番草)に対する効果まで欲して過大な期待を吸収窒素にけることはできない。

以上の諸結果にもとづく、窒素に関する最適な秋施肥の時期は、生育相の重点が株部の肥大に移行する9月中旬から10月上旬までであって、この処理が株部

において TAC 含量を下げることなくアミド態窒素を増加させ、早春の萌芽再生に好影響をもたらすのである。しかしこの場合でも、早春に上積施肥を行なうか⁷⁾、もしくは早期に牧草と利用することによって^{1),2)}、生育後期の窒素欠乏を惹起させないことが、秋施肥の利用効率から考えても必要であろう。

本稿では、主として越冬前に吸収された窒素の再生過程での意義を論じたが、当初意図した土壌中の残存窒素と吸収された窒素の、再生における関係は必ずしも明らかにすることはできなかった。しかし、越冬—再生過程における栄養生理学的検討に際し、模擬的越冬実験を組立てることによってアミド態窒素の役割を論じえたわけで、この手法の一端を示したものといえる。

引用文献

- 1) 平島利昭, 能代昌雄 1973: 極寒冷地域における放牧草地の維持管理法. 第3報 主要イネ科牧草に対する秋施肥効果, 日草誌 19: 53—62.
- 2) 近藤秀雄 1973: 牧草地に対する秋施肥に関する研究. 第1報 オーチャードグラス草地の早春の生産性に対する秋施肥と春施肥の比較, 北農試研報 106: 109—123.
- 3) _____ 1973: _____. 第2報 オーチャードグラス草地の早春の生産性に対する秋季の施肥時期の影響, 北農試研報 107: 63—72.
- 4) 九州農業試験場環境第2部土壌肥料第2研究室 1970: 試験成績書, 35—43.
- 5) 村山 登 1960: 窒素代謝. 戸町義次, 山田 登, 林 武編 作物生理講座2 栄養生理編 28—31. 朝倉書店, 東京.
- 6) 坂本宣崇, 奥村純一 1973: 晩秋から早春にかけての牧草の生育特性と肥培管理. 第1報 秋期の刈取り時期が翌春の収量に及ぼす影響, 道農試集報 28: 22—32.
- 7) _____, _____ 1974: _____. 第2報 秋期の施肥時期が翌春収量に及ぼす影響, 道農試集報 30: 65—74.

Growth Characteristics and Management of Pasture Crops from Late Autumn to Early Spring

III. Effects of absorbed nitrogen on regrowth in early spring by using simulated wintering conditions

Masahiro YAMAGAMI* and Jun-ichi OKUMURA*

Summary

To clarify effects of absorbed nitrogen before wintering on regrowth of orchardgrass in early spring an experiment was conducted by using sandy soil under simulated wintering conditions in a phytotron. Orchardgrass was cultivated for about three weeks after the application of fertilizers in autumn; some amount of the nitrogen compounds of the applied fertilizers was not absorbed, remaining in the soil. The unabsorbed nitrogen fraction was removed from the soil by running water in order that its influence on orchardgrass in the process of regrowth was eliminated.

The results are summarized as follows:

It was found that mainly used for regrowth in early spring was only amide nitrogen fraction from among the nitrogen compounds absorbed in stubbles before wintering. Therefore, the nitrogen absorbed in autumn could not be overestimated as to its effect on the yield in the following spring.

The application of nitrogen fertilizers from mid-September to early October, which did not affect the growth of leaves and sheathes, but increased both the weight of stubbles and the amount of amide nitrogen, might be more effective than their application in other periods.

Meanwhile, their application prior to early September resulted in increases in the weight of stubbles and their total available carbohydrates content, but caused the major part of nitrogen to move to leaves, decreasing the amount of amide nitrogen in stubbles. Accordingly, it suggests that the application of nitrogen fertilizers in this period might cause a short supply of nitrogen in the process of regrowth in the following spring.

* Hokkaido Prefectural Tenpoku Agricultural Experiment Station, Hamatonbetsu, Hokkaido, 098-57,