HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	オーチャードグラスの窒素利用効率に関する研究 : 第１報　１番草刈取前における施肥窒素の吸収過程について
Author(s)	李, 柱三; 高橋, 直秀; 後藤, 寛治
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 11(3), 231-237
Issue Date	1979-05-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/11921
Type	bulletin (article)
File Information	11(3)_p231-237.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

オーチャードグラスの窒素利用効率に関する研究

第1報　1番草刈取前における施肥窒素の吸収過程について

李　柱三・高橋直秀・後藤寛治
(北海道大学農学部農学科食用作物学講座)

(昭和53年9月13日受理)

Studies on the Efficiency of Nitrogen Utilization in Orchardgrass

1. Fertilizer nitrogen uptake at various developmental stages before the first cutting

Jusam LEE, Naohide TAKAHASHI
and Kanji GOTOH
(Laboratory of Field Crops, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

緒　言

オーチャードグラスの乾物収量は窒素施肥によって大きく左右される。ここで乾物収量とは根を含めたいわゆる生物学的収量をいう。また，植物体に吸収される窒素は生育が進むにつれ，生長部位に多く転流する。従って，植物体の各部位の全窒素吸収量は生育段階によって大きく変動するものと思われる。特に多年性牧草は生殖生長と栄養生長を同時に行なう分げつと出穂茎との結合体であり，生殖生長期に出穂茎から盛んに分げつ茎を発生する。従って，生殖生長期といえども栄養生長をする分げつ茎を含む個体として，部位別に全窒素吸収量と乾物収量との相互関係を明らかにすることは，植物体内の窒素吸収過程ならびに乾物収量の増大機能を究明するために極めて重要である。

一方，基肥として施肥された窒素は出穂初期までに吸収され，その後は主に土壌窒素が吸収される。また，土壌窒素の利用効率の良い品種ほど最大乾物収量に達する施肥水準が低いことが前報[9]で明らかにされた。

従って，今回の実験では植物体に吸収された全窒素吸収量について各部位の間の相互関係および乾物収量との関係を調査し，また，施肥時期を遅らせた場合に基肥窒素の吸収が終了する生育段階を推定するとともに，施肥による土壌窒素の吸収効果および分げつ茎の生長推移と施肥窒素吸収量との関係を重窒素を用いて追跡し，早晩性の異なる品種間の差異を明らかにしようとするものである。

なお，本実験の遂行にあたっては，農学部附属農場，作業管理部の青木　宏，河合孝雄，城宝盛三技官から多くの協力を得た。深謝するしだいである。

材料および方法

供試品種は早晩性が異なる Chinook (極早生), キタミドリ (早生), S 143 (晩生) の3品種で，栄養茎で増殖した plantlet (4葉期) を pot 当り2個体ずつ植え，2反復した。なお，植えられた plantlet からは分げつ茎の発生は多く，出穂茎は極めて少なく，各個体につき1本であった。

施肥水準は無施肥区と施肥区の2処理で行ない，両区とも pot (1/5,000 a) 当り，過燐酸石灰 640 mg，塩化加里 600 mg，消石灰 2,000 mg を与え，さらに，施肥区では窒素源として，標識硫安 31 atom % 160 mg を施用した。

生育段階は，出穂初期，出穂後期，開花期，種子結実期(登熟期) の4段階に分け，供試品種の早晩性に応じて，Chinook で 6/3 (6月3日)，6/15，6/30，7/15，キタミドリで 6/3，6/15，6/30，7/22，S 143 で 6/10，6/22，7/7，7/29 に抜き取り調査した。移植および施肥は，出穂初期の20日前，つまり，Chinook およびキタミドリでは 5/14，S 143 では 5/20 日であった。まず，分げつ茎数を調べ，植物体は葉身，葉鞘＋茎，株 (根から地上3 cm まで)，根，穂の5つの部位に分け，それぞれの部位の乾物重，

全窒素含有率，施肥窒素含有率を測定した。

全窒素含有率は micro-Kjeldahl 法で，施肥窒素含有率は ^{15}N-analyzer (NIA-1 日本分光製) で測定し，つぎの式によって ^{15}N atom %，および施肥窒素吸収量を求めた。

$$施肥窒素含有率\ (^{15}N\ \text{atom}\ \%) = \frac{100}{zR+1}$$

$$R = \frac{^{14}Nz}{^{14}N^{15}N \times \left(\frac{1}{M}\right)}$$

M: 相対倍率

$$施肥窒素吸収量\ (x) = A(B-C)/D$$

A: 全窒素吸収量

B: 試料の ^{15}N atom %

C: ^{15}N abundance %

D: 施肥窒素の ^{15}N excess atom %

結果および考察

1. 乾物収量

施肥水準および各生育段階における乾物収量は，Table 1 の如くである。すなわち，乾物収量は施肥水準，生育段階および品種間で有意な差がみられ，交互作用は生育段階×品種，施肥水準×生育段階において有意であった。

施肥水準では施肥区の乾物収量が無施肥区より全生育段階において有意に高く，Chinook で 45.6%，キタミドリ 24.2%，S 143 で 32.4% の増加を示した。なお，施肥によって増加した1日当りの乾物収量は Chinook で 78.7 mg，キタミドリで 51.5 mg，S 143 で 41.4 mg/pot/day が得られ，Chinook が高い値を示した (Table 3)。

いずれの品種においても乾物収量は，種子結実期まで有意に増加し，品種ではキタミドリがもっとも多収であった。一方，部位別の乾物収量は，葉身，葉鞘＋茎，株，穂では開花期まで増加したのに対し，根はいずれの品種においても種子結実期まで増加している。従って，乾物収量が種子結実期まで増加したことは，主に根の乾物収量が種子結実期まで増加したことによるものと思われる。BRYANT ら (1961) はオーチャードグラスの1番草の乾物収量は刈取時期を開花期まで遅らせることによって最大収量が得られたと報告している。

また，LEE ら (1978) は採草型草地において，オーチャードグラスの乾物収量は品種の早晩性に関係なく，1番

Table 1. Dry matter (DM), total nitrogen (TN) and fertilizer nitrogen (FN) yields at four different growth stages

		non-fertilized plot			fertilized plot		
	stage	C	K	S	C	K	S
DM (g/pot)	G-1	1.32	1.41	1.33	1.67	1.71	1.76
	2	2.07	2.09	2.79	2.46	2.64	3.80
	3	4.90	6.95	4.72	8.54	8.97	6.86
	4	7.77	12.32	9.52	10.72	14.95	11.89
	X	16.06	22.77	18.36	23.39	28.27	24.31
TN (mg/pot)	G-1	24.38	26.82	30.40	34.80	44.18	44.87
	2	43.36	45.98	52.65	56.80	69.38	74.34
	3	65.71	89.21	66.67	104.94	113.43	96.47
	4	73.70	108.95	80.20	108.58	139.98	127.45
	X	207.15	270.96	229.92	305.12	366.97	343.13
FN (mg/pot)	G-1				9.50	13.93	13.35
	2				14.49	18.21	21.11
	3				20.77	27.06	25.05
	4				23.92	29.28	31.26
	X				68.68	88.48	90.77

Note. C; Chinook, K; Kitamidori and S; S 143
G-1; early heading stage, G-2; end of the heading stage, G-3; anthesis stage and G-4; seed set stage (soft dough).

Table 2. Mean distribution ratio in each plant part during four different growth stages

	variety	non-fertilized plot Lb	LS	Sb	R	E	fertilized polt Lb	LS	Sb	R	E
DM	C	22.0	19.7	18.7	34.4	5.2	25.7	19.4	17.8	32.7	4.4
	K	24.3	23.8	21.6	25.2	5.1	22.0	24.3	19.1	26.8	7.8
	S	19.6	27.9	14.7	26.2	11.6	19.9	22.9	16.6	26.5	14.1
TN	C	38.7	16.7	13.2	21.5	9.9	39.5	13.8	14.8	24.2	7.7
	K	42.2	17.0	13.0	18.0	9.8	35.5	19.1	11.4	19.0	15.0
	S	35.3	18.8	9.3	19.0	17.6	31.9	19.3	10.5	17.7	21.6
FN	C						43.4	19.7	9.8	13.7	13.4
	K						41.4	22.5	14.0	11.1	11.0
	S						40.9	19.0	17.4	9.6	13.1

Note. Lb; leaf blade, LS; leaf sheaths and stem, Sb; stubble, R; stubble, R; root and E; ear.

草を刈り取った出穂後期まで直線的に増加するとしている。従って，採草用として利用する場合，オーチャードグラスの地上部の乾物収量は開花期で最大収量を示すものと推察される。

草地における牧草は一定の高さによって地上部が刈り取られ，そのほとんどの部位は葉身および葉鞘＋茎である。利用されずに残る株＋根の部分が乾物収量に占める割合は，Chinook 51.9%，キタミドリ 46.4%，S 143 42.1% であり，3品種平均 46.8% であった。従って，利用される地上部の割合はおよそ53% である。MACLEOD (1965) はイネ科牧草であるブロームグラス，オーチャードグラス，チモシーの生物学的収量に占める株＋根の割合はそれぞれ 52%，47%，38% であると報告し，本実験の結果と類似している。

また，生殖生長期に生長する穂への分配率は (Table 2) いずれの品種においても各生育段階において有意差がみられず，Chinook が 4.8%，キタミドリ 6.5%，S 143 が 12.9% を示し，品種では S 143 が有意に高かった。このように，穂への分配率が極めて低いので乾物収量の増加は出穂茎から分げつ茎が発生することによる。すなわち，乾物収量と分げつ茎数との関係は 0.8659*** の高い相関を示し，各生育段階における乾物収量の増加は分げつ茎の生長と密接な関係があることが認められる。特に，分げつ茎の発生が多くなる時期とみられる出穂後期から開花期までの乾物収量の増加はいずれの品種においても著しかった。

2. 全窒素吸収量

施肥水準および各生育段階における品種の全窒素吸収量は Table 1 に示したとおりである。ここでいう全窒素吸収量とは施肥窒素と土壌から吸収された窒素の合計値である。

Table 3. Accumulation rate of dry matter, total nitrogen, and fertilizer nitrogen yields in each variety

		O	N	N-O
DM (mg/day)	C	158.8	237.5	78.7
	K	235.8	287.3	51.5
	S	166.9	208.3	41.4
TN (μg/pot)	C	1199.0	1902.9	703.9
	K	1747.3	2003.6	256.3
	S	974.2	1639.0	664.8
FN (μg/pot)	C		349.7	
	K		326.8	
	S		347.2	

Note. O; non-fertilized plot, N; fertilized plot.

全窒素吸収量は乾物収量と同じく，施肥水準，生育段階および品種間に有意な差がみられ，交互作用は施肥水準×生育段階において有意であった。

施肥によって全窒素吸収量は増加し，施肥区の全窒素吸収量は無施肥区より Chinook で 47.3%，キタミドリで 35.4%，S 143 で 49.2% 増加し，1日当り施肥によって増加した全窒素吸収量は Chinook 703.9 μg，キタミドリ 256.3 μg，S 143 664.8 μg/pot/day で Chinook が一番高かった。しかし，生育段階における全窒素吸収量の反応は乾物収量と異なり，乾物収量の増加が種子結実期まで有意であったのに対し，全窒素吸収量は開花期まで有

意に増加し，その後は生育が進むにつれにぶくなるものと推測された。また，部位別の全窒素吸収量は生育段階によって異なり，葉身，株，穂では開花期まで，葉鞘＋茎は出穂後期まで，根は種子結実期まで有意に増加している。このように，全窒素吸収量の生育段階における反応が乾物収量とは異なるので，部位別の全窒素吸収量の相互関係および乾物収量との関係を解析してみた(Fig. 1)。

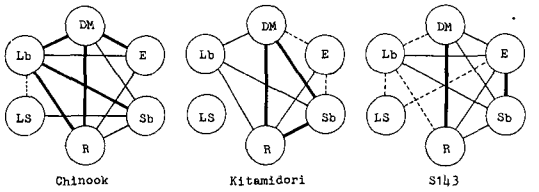

Fig. 1. Schematic diagrams showing the correlations of total nitrogen yield among 5 plant parts, and relationship between the dry matter yield (tops+root) and total nitrogen yield of plant parts in each variety.

Symbols are as follows; DM (dry matter yield), Lb (leaf blade), E (ear), LS (leaf sheaths and stem), Sb (stubble) and R (root), respectively. Ranges of correlation coefficients are as follows; ····· 0.707-0.834 (significnat at 5%), —— 0.834-0.925 (significant at 1%) and ▬ 0.925-1.000 (significant at 0.1%), respectively.

全窒素吸収量は葉鞘＋茎を除いたいずれの部位においても乾物収量との間に相互関係がみられる。先に述べたように，乾物収量はいずれの品種においても種子結実期まで増加したが葉鞘＋茎の全窒素吸収量は出穂後期まで増加した。すなわち，葉鞘＋茎の生長にともなう全窒素吸収能力は他の部位が生長をつづけ，全窒素吸収量が増加する生育段階にはすでに低下し，その後は主に他の部位への窒素転流の経路としてはたらき[14]，一時的な窒素蓄積が行なわれる生育段階は出穂後期までであると推測されることから，乾物収量との間には相関がみられなかったものと思われる。また，根の全窒素吸収量が種子結実期まで有意に増加したことによって乾物収量との関係はいずれの品種においても0.1%以上の高い相関が得られ，生育にともなう根の全窒素吸収量の増加は，根の発生を促進させ，地上部の乾物収量および植物体の生物学的収量を増大させる間接的な役割をはたすものと思われる。葉身も乾物収量と相関があるが品種によってその程度が異なり，Chinook で0.1%，キタミドリで1%，S 143 で5%の相関を示し，早生種ほど高い相関が得られた。また，部位間の全窒素吸収量の相互関係は品種によって異なり，株と穂の関係は晩生種ほどその関係が強く，S 143 で0.1%の相関を示した。すなわち，穂の全窒素吸収量は品種間に有意差がみられ，晩生種ほど全窒素吸収量は多く，株の全窒素吸収量は少ないが施肥窒素吸収量は晩生種ほど増加したことから，穂への窒素の転流は晩生種ほど葉身および根よりは株から移行する傾向が強いと推測された。一方，葉身と根の関係は晩生種ほど相関が弱い。

なお，根から吸収された窒素は地上部の葉身，葉鞘＋茎，穂の順に窒素集積が終ることから[14]葉身および穂への窒素の転流は多く，品種平均の乾物収量の分配率より全窒素吸収量の分配率は葉身で66.8%，穂で65.4%の増，葉鞘＋茎で31.4%，株＋根で45.9%の減であった。すなわち，株＋根への分配率は，Chinook 36.9%，キタミドリ30.7%，S 143 28.3%を示し，品種平均32%であり，全窒素吸収量のおよそ1/3は株＋根の生育に使われている。品種では早生種ほど高かった。

3. 施肥窒素吸収量

品種の生育段階における施肥窒素吸収量は Table 1 の如くであり，生育段階および品種によって有意差がみられた。

生育段階ではいずれの品種においても種子結実期まで有意に増加したが，その増加傾向は生育が進むにつれにぶくなり，ある生育時期に達すると頭打の傾向がみられる。このように，分げつ茎を含めた個体の施肥窒素の吸収能力は分げつ茎の生長とともに大きくなると思われる。従って，生殖生長期の出穂茎の施肥窒素吸収が終了する生育段階を個体として推定することは困難である。そこで吸収された窒素の集積が終了し，穂の施肥窒素吸収量が有意に増加する生育段階を決定することによって，出穂茎の窒素吸収が終了する生育段階とみなすことができよう。従って，部位別の施肥窒素吸収量は，葉身，株，穂では開花期まで，葉鞘＋茎は有意差がなく，根は種子結実期まで有意に増加することから，生殖生長期の出穂茎において基肥の吸収が終了する生育段階は，穂の施肥窒素吸収量が有意に増加する開花期までであると推測される。

しかし，BONIN ら (1968) はチモシーの生殖生長期における蛋白質収量は出穂期まで増加し，生育が進むにつれ低下すると報告し，LEE ら (1978) は施肥窒素の吸収は出穂初期までであり，その後は主に土壌窒素が利用され，出穂初期が窒素利用効率からみた刈取り適期であると指摘した。

なお，施肥によって土壌窒素の吸収が促進され[2,3,4,15]，施肥区の土壌窒素は無施肥区の全窒素吸収量（土壌窒素）より多い。すなわち，施肥によって土壌素窒の吸収は増加し，Chinook 29.29 mg，キタミドリ 7.53 mg，S 143 22.44 mg で，施肥による土壌窒素の吸収効果が大きい品種ほど1日当り施肥窒素の吸収速度は早い。LEE ら (1978) は土壌窒素の吸収能力が高い品種ほど最大乾物収量および全窒素吸収量に達する施肥水準は低くなり，施肥による土壌窒素の吸収効果は品種によって異なることを示唆した。BROCKMAN (1969)[5] は植物体の全窒素吸収量は土壌窒素および施肥窒素量の相互関係によって決定されるとし，土壌窒素が多い草地ほど施肥による植物体の全窒素吸収量は直線的に増加する[6]。BROADBENT ら (1968)[2] は施肥水準が高くなるとともに土壌窒素の吸収効果は高くなり，特に，硫安の施肥によって土壌窒素の吸収が高まるのはSイオンにより土壌窒素の無機化が促進されたためであろうと述べ[3]，施肥によって作物に吸収される土壌窒素が増加するのは，施肥された窒素肥料による滲透効果であるとしている[4]。WESTERMAN ら (1973) によれば窒素施肥は土壌微生物を刺戟し，その活動を活発化させることによって土壌有機物の分配が促進され，作物による土壌窒素の吸収効果は高くなり，その効果は微生物による触発的効果であると述べている。しかし，本実験の場合，施肥水準および土壌窒素（有機窒素）が同じ条件下にあって，品種の土壌窒素の吸収効果は異なっている。すなわち，施肥によって土壌窒素の吸収は増加するが，その増加量は施肥量が等しい場合にはほぼ同量であること[12] から，品種の土壌窒素の吸収効果の差は主に品種の生態学的な特徴によって決定されるものと推測される。すなわち，土壌窒素の吸収効果が高かった Chinook は根への乾物分配率が他の品種より有意に高く，施肥区で 32.7% を示している。SAPOZHNIKOV ら (1968) は窒素施肥による土壌窒素の吸収効果は根の密度が高いほど大きくなるとし，施肥による土壌窒素の吸収効果は根によると述べている。従って，品種の土壌窒素の吸収効果は根への乾物分配率が高い品種ほど高くなるものと推測された。

また，生殖生長期でありながら穂への分配率は品種平均 12.5% で極めて低く，吸収された施肥窒素の多くは出穂茎から発生した分げつの生長に利用されたものと思われる。すなわち，分げつの発生は葉鞘＋茎の伸長生長によって抑制されるが[8]，本実験では葉鞘＋茎の施肥窒素吸収量は各生育段階において有意差がみられないことから，葉鞘＋茎の伸長生長のための施肥窒素の転流は出穂初期で終了するものと考えられ，出穂後期から分げつの発生は多くなり，種子結実期まで直線的に増加した。

以上のことから，分げつは葉鞘＋茎の伸長生長の前段階までは多発し，伸長生長中には抑制され，伸長生長が終了した段階から再び多く発生するものと思われる。従って，施肥窒素吸収量と分げつ茎数との関係は 0.9416*** の高い相関を示し，分げつ茎の多い品種ほど施肥窒素吸収量は多かった (Fig. 2)。

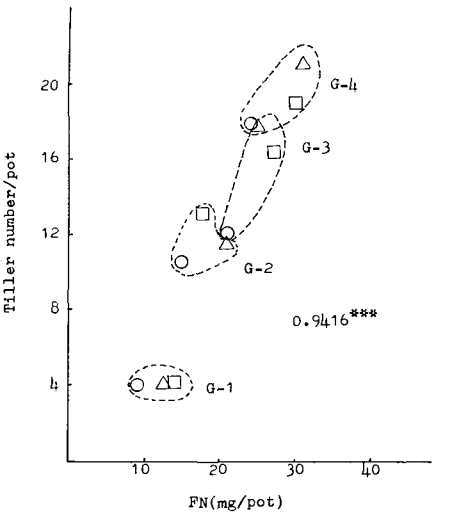

Fig. 2. Relationship between the fertilizer nitrogen yield and tiller number.
○ ; Chinook
□ ; Kitamidori
△ ; S 143

なお，各生育段階における品種の窒素利用率は Chinook が 5.9% (G-1)，9.0% (G-2)，13.0% (G-3)，15.0% (G-4) で 42.9%，キタミドリが 8.7%，11.4%，16.9%，18.3% で 55.3%，S 143 が 8.3%，13.2%，15.7%，19.5% で 56.7% にすぎない。窒素利用率は窒素吸収速度と吸収期間の相互関係によって決定される[13] ので，本実験においては施肥時期を4葉期まで遅らせたこと，施肥量が少量であったことなどから，植物体の施肥窒素の吸収能力は低下し，窒素利用率も低くなったものと思われる。

摘　　要

早晩性を異にするオーチャードグラスの3品種につき，生殖生長期を4つの生育段階に分け，各生育段階における窒素吸収量の推移を重窒素を用いて追跡実験を行なった。

1. 乾物収量(地上部と根を含む)は，種子結実期まで有意に増加し，部位別には地上部の各部位(葉身，葉鞘+茎，株，穂)が開花期まで，根は種子結実期まで増加した。

2. 全窒素吸収量は開花期まで有意に増加し，部位別には葉身，株，穂で開花期，葉鞘+茎で出穂後期，根は種子結実期まで増加した。

3. 根の全窒素吸収量は乾物収量と0.1%水準で有意な相関があり，根の全窒素吸収量の増加は乾物収量を増大させる重要な役割をはたすものと推測された。

4. 分げつ茎を含めた個体の施肥窒素吸収は分げつの生長によって種子結実期まで増加する。しかし，生殖生長期における出穂茎の施肥窒素吸収は，開花期で終了する。

5. 施肥によって土壌窒素の吸収が促進し，根への乾物分配率が高い品種ほど施肥による土壌窒素の吸収効果が高かった。

6. 施肥窒素吸収量と分げつ茎数との関係は0.9416***であり，分げつ茎の生長によって施肥窒素の吸収能力は増加する。

7. 施肥窒素利用率は各生育段階の合計で，Chinook 42.9%，キタミドリ55.3%，S 143 56.7%であった。

引用文献

1. BONIN, S. G.: Effects of nitrogen on herbage yields of timothy harvested at various developmental stages, *Can. J. Plant Sci.*, **48**: 501-509. 1968
2. BROADBENT, F. E. and MIKKELSEN, D. S.: Influence of placement on uptake of tagged nitrogen by rice, *Agron. J.*, **60**: 674-677. 1968
3. BROADBENT, F. E. and NAKASHIMA, T.: Plant uptake and residual value of six tagged nitrogen fertilizers, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **32**: 388-392. 1968
4. BROADBENT, F. E. and NAKASHIMA, T.: Effect of added salts on nitrogen mineralization in three California soils, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **35**: 457-460. 1971
5. BROCKMAN, J. S.: The relationship between total *N* input and yield of cut grass swards, *J. Br. Grassld. Soc.*, **24**: 89-97. 1969
6. BROCKMAN, J. S., ROPE, C. M. and STEVEN, M. T.: A mathematical relationship between nitrogen input and output in cut grass swards, *J. Br. Grassld. Soc.*, **26**: 75-77. 1971
7. BRYANT, H. T. and BLASER, R. E.: Yields and stands of orchardgrass compared under clipping and grazing intensities, *Agron. J.*, **53**: 9-11. 1961
8. JEWISS, O. R.: Tillering in grasses — its significance and control, *J. Br. Grassld. Soc.*, **27**: 65-81. 1972
9. LEE, J. S., KUSUTANI, A., TAKAHASHI, N. and GOTOH, K.: The efficiency of nitrogen fertilization under hay type management in orchradgrass varieties, *Crop Sci. Soc. Japan, Hokkaido Branch Rep.*, **18**: 28. 1978
10. MACLEOD, L. B.: Effect of nitrogen and potassium on the yield and chemical composition of alfalfa, bromegrass, orchardgrass and timothy grown as pure species, *Agron. J.*, **57**: 261-266. 1965
11. SAPOZHNIKOV, N. A., NESTEVA, E. I., RUSINOVA, I. P., SIROTA, L. B. and LIVANOVA, T. K.: The effect of fertilizer nitrogen on plant uptake of nitrogen from podozolic soils, *Int. Cong. Soil Sci., Trans.* 9th **II**: 467-474. 1968
12. 和田源七・庄子貞雄・高橋重郎：水田における窒素の動態と水稲による窒素吸収について，第1報，基肥窒素の吸収，日作紀，**40**: 275-280. 1971
13. 和田源七・庄子貞雄・高橋重郎：水田における窒素の動態と水稲による窒素吸収について，第3報，追肥窒素の土壌における行動ならびに水稲による吸収，日作紀，**40**: 287-293. 1971
14. 和田源七・庄子貞雄・高橋重郎：水田における窒素の動態と水稲による窒素吸収について，第4報，吸収窒素の水稲体内の配合について，日作紀，**42**: 84-90. 1973
15. WESTERMAN, R. L. and KURTZ, L. T.: Priming effect of ^{15}N-labelled fertilizers on soil nitrogen in field experiments, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **37**: 725-727. 1973

Summary

Using the ^{15}N-labelled ammonium sulfate, the absorption ability of fertilizer nitrogen at four stages before the first cutting was studied in three orchardgrass varieties. The results may be summarized as follows;

1. Dry matter yield (included tops+root) increased up to the seed set stage (soft dough stage). But the dry matter yield of tops (leaf blade, leaf

sheaths and stem, stubble and ear) and those of the root increased up to the anthesis stage and the seed set stage, respectively.

2. Total nitrogen yield (tops+root) increased up to the anthesis stage. Increases of the total nitrogen yield in each plant part were significantly different between the growth stage. Total nitrogen yield increased up to the anthesis stage in leaf blade, stubble and ear, up to the end of the heading stage in leaf sheaths and stem, and up to the seed set stage in root, respectively.

3. The total nitrogen yield of root and the dry matter yield (tops+root) showed highly significant correlations ($p>0.001$) in all varieties.

4. Uptake of fertilizer *N* by the plant increased up to seed set stage in tillers, and up to the anthesis stage in main stem with ear.

5. Uptake of soil nitrogen increased by the additions of fertilizer nitrogen. The variety with high dry matter distribution ratio to root absorbed more soil nitrogen than those of the variety with low dry matter distribution ratio to root.

6. Correlation coefficient between the fertilizer nitrogen yield and number of tillers was 0.9416 ($p>0.001$). It means that the increased uptake of fertilizer nitrogen by the plant was mainly due to the tillering.

7. Gross recovery of applied fertilizer ntirogen estimated throughout four growth stages were 42.9%, 55.3% and 56.7% in Chinook, Kitamidori and S 143, respectively.