

水稻異品種の株内における生育と窒素の吸収・分配 に及ぼす根圏域の大きさの影響*

秋田 謙司・田中 尚道*・丹下 宗俊
(神戸大学農学部・*神戸大学大学院自然科学研究科)
昭和 63 年 7 月 31 日受理

要 旨：形質の異なる水稻 2 品種を混植し、地下部に起因する株内相互作用を追究するために、根圏域の大きさを人為的に制限して、 ^{15}N の追跡調査を行い、施肥窒素が、両品種の成熟期の器官形成に及ぼす影響を追究した。

品種間の株内における地上部全重の割合は、TKM が 82～84%、水原が 16～18%であった。なお、両品種の器官別乾物分配率は、水原の茎重は根圏域の大小による変動がみられなかったが、葉身重では根圏域の大きさが小さいと TKM に比べ割合が小さく、逆に枯死重の割合は大きかった。

各器官の窒素含有率は、両品種とも根圏域が大きいほど高かったが、TKM では処理区間差が小さかったのに対して、水原ではその差が大きかった。品種間では、各器官の窒素含有率は、根圏域が小さいほど TKM は水原より高く、根圏域が大きくなると水原の含有率が高くなった。

施肥由来の窒素 (^{15}N) の利用率は、基肥区では 68～79%、分けつ肥区では 51～79%、幼穂形成期施肥区では 57～59%、減数分裂期施肥区では 63～78%であった。なお、追肥由来の窒素の含有量は、根圏域が大きく、しかも施肥時期が晚いほど多かった。

^{15}N 標識窒素含有量の品種間における割合は、TKM の基肥区では 74～84%、分けつ肥区では 76～83%、減数分裂期施肥区では 80～85%となり、TKM の施肥窒素利用率は水原に比べて極めて大きかった。

施肥期を異にする ^{15}N の穂への分配率は、基肥区では 37～62%、分けつ肥区では 53～71%、幼穂形成期施肥区では 63～67%、減数分裂期施肥区では 54～64%となり、根圏域が小さいと明らかにその比率が高かった。

キーワード：株内相互作用、重窒素 (^{15}N)、水稻 (*Oryza sativa* L.)、窒素分配率。

Effects of Different Rhizosphere Sizes on the Growth, Distribution Patterns and Utilization of Nitrogen Fertilizers of Different Varieties of Rice Plants (*Oryza Sativa* L.) on the Same Hill: Kenji AKITA, Naomichi TANAKA* and Munetoshi TANGE (*Faculty of Agriculture, *Graduate School Science and Technology, Kobe University, Kobe 657, Japan*)

Abstract: In order to clarify the inter-hill competition at the maturing stage. Using the tracer ^{15}N method. The growth characteristics of rice plants (*Oryza Sativa* L., cv. Suweon no. 258 and TKM-6) grown in pots of different sizes were examined.

The top dry weights of two varieties, TKM and Suweon planted on the same hill were 82-84% and 16-18%, respectively.

In Suweon, the ratio of culm dry weight did not change with rhizosphere size, but the ratio of leaf blade dry weight to the total weight increased with decreasing rhizosphere size; whereas the ratio of the dying organ dry weight showed an opposite behaviour.

The percentage of nitrogen content increased with increasing rhizosphere sizes in two varieties, with a greater increase in Suweon. The percentage of nitrogen contents in TKM was higher than that in Suweon in smaller rhizospheres, but in larger rhizospheres Suweon showed a higher percentage of nitrogen than in TKM. The ratio of recovery of ^{15}N top-dressing in basal-dressing plot was 51-79%, at the panicle formation stage plot, 51-59%, and at the reduction division stage plot, 63-78%. Further-more, lager pots and later nitrogen supply showed a high nitrogen content.

The ratios of ^{15}N content in the two varieties in basal-dressing plot were 74-84%, and top-dressing at the tillering stage save 76-83%. With TKM top-dressing at the reduction division stage, they were 80-85%, a very high rate of recovery of nitrogen.

Partition of ^{15}N content of ears in each top-dressing time in the basal-dressing plot was 37-62%, the tillering stage 53-71%, at the panicle formation stage 63-67%, and at the reduction division stage 54-67%.

These results revealed that smaller rhizospheres led to a clearly high partition of nitrogen.

Key words: Inter-hills competition, ^{15}N , *Oryza Sativa* L., Partition of Nitrogen.

* 大要は第 184 回講演会 (昭和 62 年 10 月) において発表した。

草丈の異なる品種の混植は、受光体制を有利に展開するが¹⁵⁾、水稻は一般に混植されると減収する⁷⁾。しかし、品種の組合わせによっては増収することもある¹⁴⁾。これらの結果は根からの養分吸収と密接な関係があり、品種間相互作用における収量の増減は、施肥量によっても差があるが²⁾、その機構については不明な点が多い。

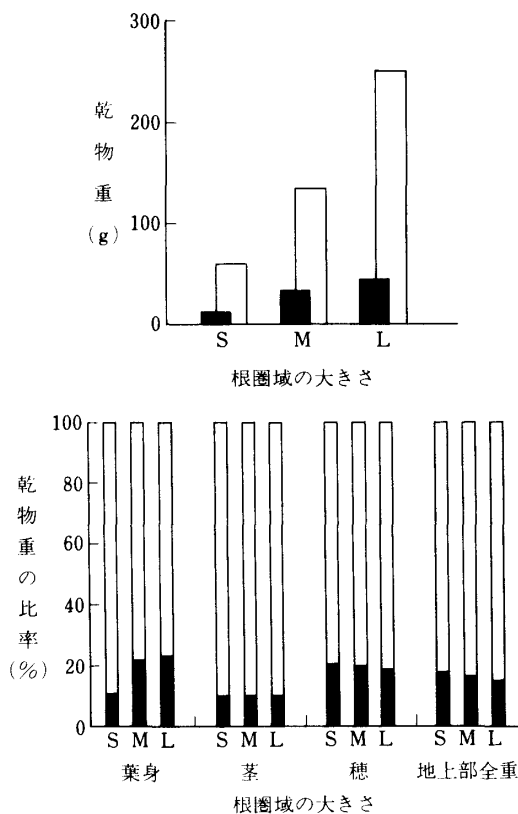
本研究では、品種間相互作用を根に限定し、初期栄養生長が盛んな TKM-6 (早) と多肥多収型の水原 258 号の形質の異なる 2 品種を組合せ、養分供給の場である根圏域の大きさを変えることによって、異品種の生長並びに窒素の吸収分配に及ぼす影響 (特に株内相互作用) を追究するために、内径の異なるポットを用いて各施肥期に ¹⁵N 硫酸アンモニウムを施用し、成熟期の器官形成に及ぼす窒素の施肥効果について検討した。

材 料 と 方 法

本研究は、1985 年に神戸大学農学部附属農場で行った。使用したポット並びに土壌、その他の処理は前報³⁾で述べたのと同様である。品種は TKM-6 (早) (以下 TKM と略称する) と水原 258 号 (以下水原と略称する) との組合せで、TKM は草丈が 170~180 cm にも達する長稈少肥型品種で、一方、水原は草丈が 80~90 cm 程度の短稈で典型的な多肥型品種である。両品種とも催芽し、5 月 20 日に育苗箱に播種し、6 月 10 日に植え付けた。植え付けに際しては、あらかじめ株間が 1 m 間隔になるようポットを配列し、各ポットに各々の品種を 1 本

ずつ、計 2 本を 1 株としてポットの中央に植え付けた。なお、各試験区とも 1 区 6 ポットの 2 反復で実験を行った。

各ポットの施肥量並びに施肥時期は第 1 表に示した通りである。すなわち、各ポットの窒素施肥量は S 区 0.27 g、M 区 0.71 g 並びに L 区 1.36 g であ



第 1 図 成熟期の株当り乾物重並びに乾物重の比率と根圏域の大きさとの関係。

注) ■水原258, □TKM(以下同じ)。

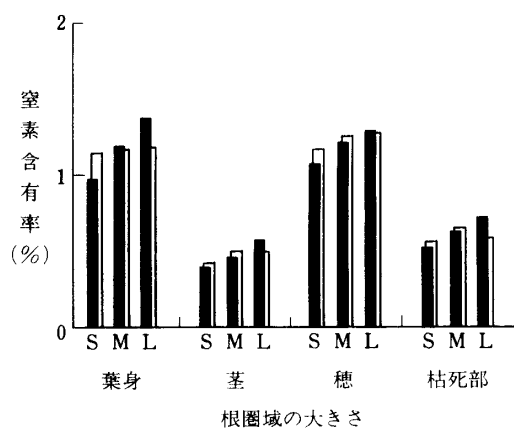
第 1 表 Pot 当りの土壌窒素含有量並びに施肥窒素量。

施肥期 (分配率)	Pot の サイズ	土壌窒素量 (g)	¹⁴ N 施肥量 (g)	¹⁵ N 施肥量 (g)	合 計 (g)
基 肥 (40%)	S	13.5(98.0)	0.162(0.78)	0.108(1.22)	13.77(100)
	M	32.4(97.9)	0.426(0.86)	0.284(1.24)	33.11(100)
	L	45.9(97.1)	0.816(1.15)	0.544(1.75)	47.26(100)
分けつ期 (20%)	S	13.5(98.0)	0.156(1.61)	0.054(0.39)	13.77(100)
	M	32.4(97.9)	0.568(1.67)	0.142(0.43)	33.11(100)
	L	45.9(97.1)	1.088(2.32)	0.272(0.58)	47.26(100)
幼穂 形成期 (27%)	S	13.5(98.0)	0.198(1.44)	0.072(0.56)	13.77(100)
	M	32.4(97.9)	0.521(1.57)	0.189(0.53)	33.11(100)
	L	45.9(97.1)	0.997(2.11)	0.363(0.79)	47.26(100)
減数 分裂期 (13%)	S	13.5(98.0)	0.234(1.70)	0.036(0.30)	13.77(100)
	M	32.4(97.9)	0.615(1.86)	0.095(0.24)	33.11(100)
	L	45.9(97.1)	1.179(2.49)	0.181(0.41)	47.26(100)

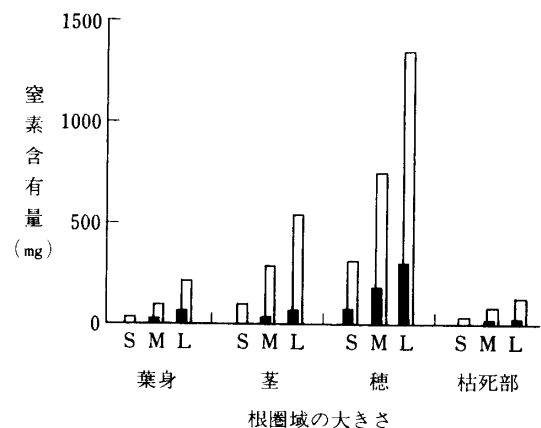
注) 施肥期は¹⁵N の施肥時期を表し、¹⁵N 施肥時期以外の時期には¹⁴N を施した。

()内は窒素の分布率を表す。

Pot の大きさは、S : 189 cm², M : 495 cm², L : 956 cm²である (以下同じ)。



第2図 成熟期の窒素含有率並びに含有量と根圏域の大きさとの関係。



第3図 成熟期の窒素含有量と根圏域の大きさとの関係。

り、何れの施肥期とも 10.0 atom% の ^{15}N 硫酸アンモニウムを施用した。試料の採取は成熟期（枯熟期）に行い、乾物重、窒素含有率並びに ^{15}N 濃度について調査した。なお、窒素並びに ^{15}N 濃度の測定法は前報³⁾と同様である。

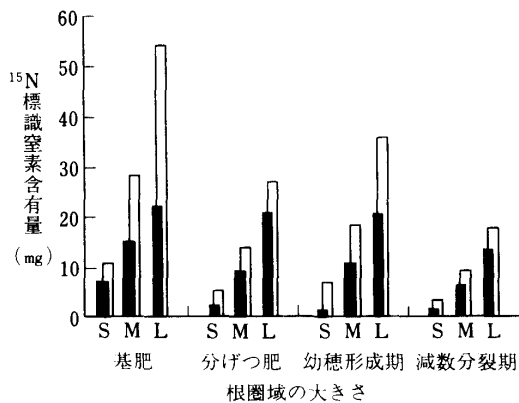
結 果

成熟期の株当り乾物重（第1図）は、両品種を合

わせて調査した場合、何れの器官も根圏域が大きくなるほど重かった。また、両品種の株内における器官別乾物重の比率は、何れの器官も TKM が大きく水原は小さかった。これらの結果について、水原を基準に根圏域による器官乾物分配率の差についてみると、葉身では M 区や L 区では 22～23% であったが、S 区では僅かに 11% で根圏域の大きさがある程度以下になると、水原の比率は著しく低下す

第2表 成熟期の器官別 ^{15}N 含有量の品種間における比率。

処理区		品 種	品種間の比率(%)／株				
			葉身	葉鞘＋稈	穂	枯死部	地上部
基 肥	S	TKM-6(早)	98	84	66	76	84
		水原 258	2	16	34	24	16
	M	TKM-6(早)	75	75	62	82	69
		水原 258	25	25	38	18	31
	L	TKM-6(早)	58	77	74	84	74
		水原 258	42	23	26	16	26
分げつ肥	S	TKM-6(早)	88	90	81	84	84
		水原 258	13	10	19	16	16
	M	TKM-6(早)	70	85	68	75	73
		水原 258	30	15	32	25	27
	L	TKM-6(早)	60	76	83	78	79
		水原 258	40	24	17	22	21
幼穂形成期	S	TKM-6(早)	90	89	81	78	83
		水原 258	10	11	19	23	17
	M	TKM-6(早)	73	79	73	75	74
		水原 258	27	21	27	25	26
	L	TKM-6(早)	63	83	76	75	76
		水原 258	37	17	24	25	24
減数分裂期	S	TKM-6(早)	93	81	78	72	80
		水原 258	7	19	22	28	20
	M	TKM-6(早)	55	77	58	57	61
		水原 258	45	23	42	43	39
	L	TKM-6(早)	78	91	84	84	85
		水原 258	22	9	16	16	15

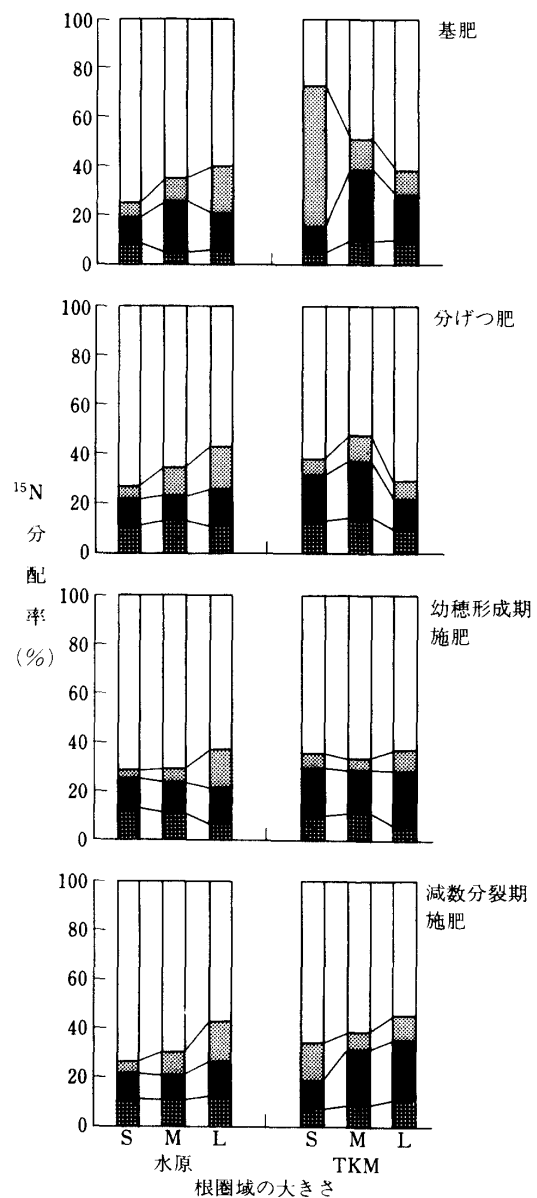


第4図 成熟期における施肥時期別 ^{15}N 標識窒素含有量と根圏域の大きさとの関係。

注) ■ 吸収量, □ 施肥量。

ることが認められた。茎では、各区とも11%で根圏域の大小による差はみられなかった。穂では19～21%で、根圏域が大きいほど減少する傾向がみられた。地上枯死部ではL区が15%でM区やS区の22～23%に比べて低く、根圏域の大きさがある程度以上になると枯死する器官は低下した。その結果、地上部全重における品種間の比率は、TKMが82～84%、水原が16～18%となり、概して根圏域が大きいほどTKMの比率が高くなり、水原では低くなる傾向が認められた。

各器官の窒素含有率(第2図)は、何れも根圏域が大きいほど高かったが、その程度は品種並びに器官によって異なった。すなわち、TKMの葉身窒素含有率は1.15～1.19%の範囲にあり、その差は僅か0.04%であったが、水原は0.98～1.13%で0.15%もの差があり、根圏域の大きさはTKMより水原に大きく影響を及ぼした。茎の窒素含有率は、TKMではM区やL区は0.51%で区間差はみられなかったが、S区は0.43%と他の区より低く、茎の含有率は根圏域がある程度以下になると低下することが明らかになった。これに対して水原では0.40～0.58%と区間で0.18%もの差があり、根圏域の大きさによって顕著な差が認められた。穂の窒素含有率は、TKMではM区は1.26%、L区は1.28%と区間差は小さかったが、S区では1.17%と他の区より低く、根圏域の大きさによる差が大きかった。一方、水原では1.07～1.29%の範囲にあり、根圏域が大きいほど含有率も高かった。地上枯死部の窒素含有率は、TKMでは0.57～0.65%、水原では0.53～0.73%の範囲にあり、水原では根圏域が大きくなるにつれて含有率は高くなったが、



第5図 成熟期における基肥、分けつ肥、幼穂形成期並びに減数分裂期施肥の ^{15}N 分配率と根圏域の大きさとの関係。

注) □ 穂, ▨ 葉身, ■ 茎, ■ 枯死部。

TKMでは根圏域の大きさとの関係は明かでなかった。なお、両品種の窒素含有率における差異をみると、各器官ともS区ではTKMの値が高く、L区では水原の値が高かった。

各器官の窒素含有率(第3図)は、何れの器官においてもTKMが著しく高く、ことに根圏域が大きくなるにつれて品種間差は広がった。

そこで ^{15}N 追跡調査により、窒素施肥の効果を検討した結果(第4図)、基肥区の ^{15}N 標識窒素含有量は、S区は72.4 mg、M区は151.7 mg及びL区は227.2 mgで、これらは施肥量の42～67%で

あった。分げつ肥区では、S区は27.6 mg, M区は94.9 mg, L区は213.8 mgで施肥量の51～79%であった。幼穂形成期施肥区では、S区は22.5 mg, M区は110.1 mg, L区は210.5 mgで施肥量の31～58%であった。減数分裂期施肥区では、S区は22.5 mg, M区は67.6 mg, L区は140.3 mgで施肥量の63～78%であった。なお、施肥量に対する¹⁵N標識窒素含有量は、基肥区を除く全ての施肥区で根圏域が大きいほど高く、さらに施肥時期が遅いほどその値も大きかった。

これを株内競合の面から品種間の比率でみると(第2表)、何れの時期に施肥されても、両品種における¹⁵N標識窒素含有量の比率は、TKMで高く水原で小さかった。すなわち、TKMの基肥では69～84%, 分げつ肥では73～84%, 幼穂形成期では74～83%, 減数分裂期では61～85%を占め、しかも、減数分裂期以外は根圏域が小さくなるほどTKMの比率は高くなり、窒素の吸収における株内競合の影響が顕著に認められた。

器官別¹⁵N分配率を施肥期ごとにみると(第5図)、TKMの穂への分配率は、基肥では29～62%, 分げつ肥では53～71%, 幼穂形成期では63～67%, 減数分裂期では54～66%となり、根圏域が小さいほど穂の分配率は高く、茎葉部での比率は低い傾向がみられた。水原では穂への¹⁵N分配率は、基肥では60～79%, 分げつ肥では57～72%, 幼穂形成期では63～72%, また減数分裂期では57～73%となり、根圏域が小さいほど明らかに穂の分配率は高かった。逆に、根圏域が大きいと茎葉部への分配率は高く、特に根圏域による影響は葉身において顕著に示された。なお、地上部枯死部への分配率は、概して根圏域が小さいほど高かった。

考 察

TKMは長稈少肥型品種で、乾物重は出穂期頃最高となり、その後次第に減少する¹⁾。しかも倒伏しやすく、圃場条件下では出穂期以後急速に倒伏する傾向がある。一方、水原は短稈少穂で一穂粒数の多い穂重型品種であり、多量の窒素を吸収しても倒伏がみられない多肥多収品種である⁴⁾⁸⁾。よって、これら両品種を合わせて一株としてポット内で混植状態におくと、TKMはほとんど倒伏を免がれた。また、各器官の根圏域による窒素含有率の差は、TKMでは比較的小さかったが、水原では大きく、特にS区では肥切れの状態が認められた。

一方、施肥時期別に窒素の利用率について検討した結果、両品種の基肥窒素利用率は日本稲よりかなり高く^{3,11)}、単植の水原よりも高い値を示した⁹⁾。一般に窒素吸収は温度と日照の強さの影響が大きいといわれている⁴⁾。しかし、土壌及び窒素施肥量並びに品種によって差があり、水原の地上部の乾物生産は幼穂形成期から出穂期において盛んであるが⁹⁾、TKMは栄養生長性が大であり、初期生育段階における窒素の吸収が旺盛で、基肥窒素の利用率を高めたものと考えられる。すなわち、水原は根圏域が小さいと窒素含有率が低い、これはTKMの侵略によるもので⁶⁾、根圏域が大きく窒素供給量が多い場合は、水原の窒素含有率が著しく高くなることから明かである。また、追肥由来の窒素利用率は基肥に比べて高く、しかも、施肥時期が遅いほど高い傾向がみられ、和田ら¹⁶⁾、樋口ら⁵⁾の結果とやや異なった。これは基肥の窒素利用率を含め、ポットと圃場条件では窒素の吸収にかなりの差があるものと考えられた。

以上のことから、品種の株内相互作用において根圏域の大きさによってそれぞれの品種の吸収窒素の割合、乾物生産量は異なる反応を示すことが明かである。また、栄養生長期には葉身の窒素の分布割合が高いが⁹⁾、株内における個体間の差は個体を構成する器官の発育によって決定されるものであり、水稻体を構成する各器官は、根圏域の大きさによって異なり、窒素の供給・利用が個体間相互の発育とともに個体内器官相互の発育を制御するものと考えられる。すなわち、根圏域がある程度より小さい場合、例えば本実験のS区のような場合には、水原への窒素供給の割合が少なく、器官相互では葉身が最も影響を受けるものと推察された。追肥では穂肥及び実肥は穂への転流が多く¹⁾¹⁰⁾、基肥に比べると施肥効果が大きいものと思われた。

なお、根圏域の大きさによって各品種の形質にも差異を生ずるが、地下部における品種間相互作用は養分の競合要因であり、養分供給の場である根圏域の大きさにより、器官相互の発育にも大きく影響するものと考えられる。

謝辞：本実験を遂行するに当たって御助力頂いた神戸大学農学部附属農場技官丸山正晴、飯尾恵二並びに三宅幹氏に対して謝意を表する。

引用文献

1. 秋田謙司・上山 裕・丹下宗俊・水野 進 1984. 外国稲と日本稲の生育相. 神大農研報 16: 73—88.
2. 秋田謙司・上山 裕・飯尾恵二・三宅幹雄 1985. 稈長の異なる品種の条交互作用が水稻の生育, 収量に及ぼす影響. 神大農研報 16: 403—408.
3. 秋田謙司・田中尚道・丹下宗俊 1989. 水稻における根圏域の大きさの違いが生育並びに施肥窒素の利用率と分配率に及ぼす影響. 日作紀 58: 180—185.
4. Chanh, T. T., M. Tsutsumi, and K. Kurihara 1981. Comparative study on the response of Indica and Japonica rice plants to ammonium and nitrate nitrogen. Soil Sci. Plant Nutr., 27: 83—92.
5. 樋口太重・吉野 喬 1976. 高収性水稻の窒素吸収特性について. 土肥誌 57: 134—141.
6. Hoshino, T. 1982. Effects of planting density on the interaction between two rice variety in the mixed planting. Japan. Jour. Crop Sci. 51: 8—13.
7. Kawano, K., H. Gonzales and M. Lucena 1974. Crop Sci. 14: 841—895.
8. 小松良行・金 忠男・松尾喜義・片山信浩・片山孝義 1984. 多収性外国稲の品種生態. 四国農試報 43: 1—37.
9. 折谷隆志・葭田隆治 1984. 作物の窒素代謝に関する研究. 第18報 水稻の葉面生長, 蛋白合成および sink 形成に於ける追肥窒素の利用に関する研究. 日作紀 53: 204—212.
10. 折谷隆志 1984. 作物の窒素代謝に関する研究. 第20報 各時期別施肥- ^{15}N の sink への転流と蓄積に就いて. 日作紀 53: 276—281.
11. 庄司隆久・和田源七・斉藤公夫・新保 到・高橋重郎 1971. 水田における窒素の同体と水稻による窒素の吸収について. 第2報 基肥窒素の土壤中における動態. 日作紀 40: 281—286.
12. Ta, T. C. and K. Ohira 1981. Effects of various environmental and medium condition on the response of Indica and Japonica rice plants to ammonium and nitrate nitroge. Soil Sci. Plant Nutr. 27: 347—355.
13. ——— and ——— 1982. Comparison of the uptake and assimilation of ammonium and nitrate in Indica and Japonica rice plants using tracer ^{15}N method. Soil. Plant Nutr. 28: 79—90.
14. 手塚隆久・星野孝文・八木忠之 1983. 水稻の混植栽培に関する研究 -品種の組合せと生育収量との関係-. 日作紀 52: 別 (1) 15—16.
15. 角田重三郎 1964. 作物品種の多収性の研究. 日本學術振興会, 東京.
16. 和田源七・庄司貞雄・高橋重郎・斉藤公夫・新保 到 1971. 水田における窒素の動態と水稻による窒素の吸収について. 第3報 追肥窒素の土壤中における行動並びに水稻による吸収. 日作紀 40: 287—293.