

トウモロコシと雑草の施肥窒素に対する競合*

奥村俊勝**・竹内史郎**・杉野 守***

Competition between Corn Plants and Weeds for Uptake of Nitrogen Fertilizer

Toshikatsu OKUMURA**, Shiro TAKEUCHI** and Mamoru SUGINO***

Synopsis

We used $[^{15}\text{N}]$ ammonium sulfate as a tracer to investigate nitrogen uptake from applied fertilizers by corn plants and weeds, and studied the effects of competitive weed plants on the growth and yield of corn.

- 1) Weeds in the corn field rapidly increased in their growth rate about one month after the corn was sown, and until the corn reached knee height, the weeds intercepted up to 80% of the amount of basal-dressed nitrogen. The yield of corn was about 35% that in a well-weeded field.
- 2) Interception of nitrogen by weeds lowered not only the recovery of basal-dressing nitrogen, but also the uptake of soil and topdressing nitrogen by the corn plants.
- 3) The most harmful weed was large crabgrass, *Digitaria adscendens* Henr., which competed with corn plants for the nitrogen.

I 結 言

一般に、トウモロコシの実取り栽培では、粗植して基肥を多量に施用する傾向がある。したがって、生育初期には、雑草の発生できる地積空間が大きく、かつ土壌の栄養量も雑草の繁茂に適した状態にある。そのために、なんらかの理由で初期除草を免れた雑草は、トウモロコシのために施用された基肥窒素を多量に収奪し、窒素要求度の高いトウモロコシに雑草害を引き起こすものと思われる。

トウモロコシと雑草の養分競合や収量に及ぼす除草効果に関する研究は、JORGEをはじめとして多くみられる¹⁻³⁾が、競合雑草によって収奪される施肥窒素量を直接定量した報告はみられない。

そこで、著者らは、トウモロコシ生育の各時期に

おける競合雑草量の多少と収奪される施肥窒素量との関係を、標識硫安の雑草への吸収を直接定量して調べた。その結果、施肥窒素の雑草による収奪は、トウモロコシが膝高期にあるときの除草の有無によって大きく変ることなどの知見を得た。

II 材料および方法

1983年、大阪府八尾市楠根の本学附属圃場で実験を行なった。この圃場は湿田地帯に立地し、土地表面が囲りの水田より約50 cm 高い砂質の壤土畑で、過去に河内棉などの作物が栽培されていた半田である。最近の数年間、作物を栽培せずに雑草が繁茂したまま放置されていたが、実験開始前に、除草と整地を行ない実験圃とした。

*本報告の大要は、昭和59年4月3日、日本雑草学会第24回講演会において発表。

**農学科作物学研究室 (Lab. of Crop Science, Fac. of Agriculture, Kinki Univ., Higashi-Osaka, Osaka 577, Japan)

***農学科植物生理学研究室 (Lab. of Plant Physiology, Fac. of Agriculture, Kinki Univ., Higashi-Osaka, Osaka 577, Japan)

供試トウモロコシは、生食用スイートコーンのゴールデンクロスバンタム種である。

播種は、5月20日の基肥施用後、直ちに、Fig. 1に示すごとく、条間1 m、株間20 cmの密度で1穴3粒づつ点播し、発芽後2葉期に1株1本仕立に間引いた。

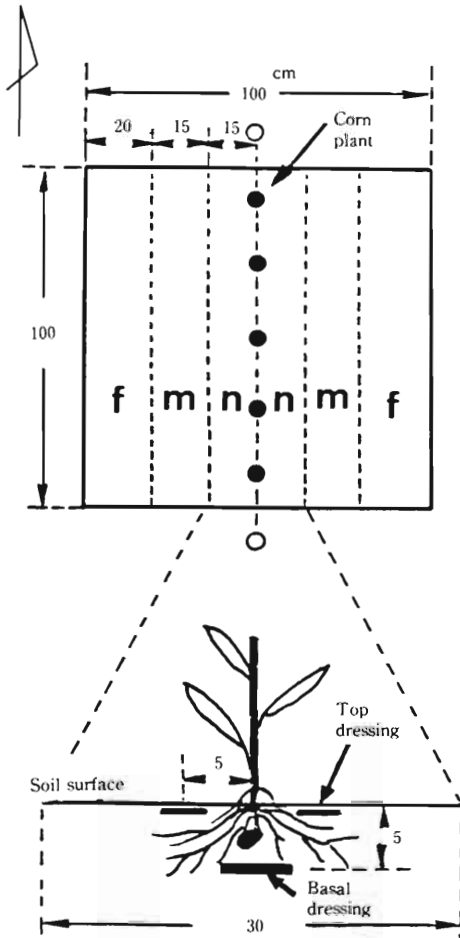


Fig. 1. Positions of fertilizer application and weeding plots. The row of corn plants run longitudinally in the middle of the plot. Fertilizer was applied along the row. The plot was divided into 3 sections (n, m, and f) in both sides of the row, from which the weeds were gathered separately.

施肥は、基肥として、N : P : K = 6 : 8 : 10 kg/10 a (成分あたえ、それぞれ硫安、過石、塩加の単肥を用いた。施肥法は、Fig. 1のごとく、5 cm 深で

5 cm 中の播き溝の底に帯状施用し、3 cm の間土を置き、その上に播種して2 cm 厚の覆土を行った。追肥は6月29日に窒素のみを3 kg/10 a、所定位置 (Fig. 1) に表層施用した。なお、基・追肥に用いた標識硫安の ^{15}N 含有率は、10% excess であって、他の施肥窒素は通常の ^{14}N 硫安を用いた。これらの ^{15}N 硫安と ^{14}N 硫安の施用を組合せて、それぞれの施肥窒素の挙動が、直接に調査できるように計画した。

試験区を Table 1 に示す。すなわち、2回除草区 (以後2W区と称す) と4回除草区 (以後4W区と称す) の2区を設定し、除草回数の違いによって競合雑草量を変化させた。1区面積は1 m²で、2区4連制とした。

除草回数は、2W区で2回、4W区で4回とし、トウモロコシの生育段階 (初期、膝高期、出穂期、乳熟期) にあわせて除草時期 (6月14日、6月29日、7月25日、8月17日) を決定した。なお、施肥位置と雑草の生育および窒素吸収量との関係を見るために、1試験区内を3つの雑草採集区に細分した。すなわち、Fig. 1に示すごとく、トウモロコシの作条 (基肥施用位置) を中心として、近距離区 (n区と略す、0.15 m² × 2)、中距離区 (m区と略す、0.15 m² × 2)、遠距離区 (f区と略す、0.20 m² × 2) に分け、各区から除草日に雑草の地上部のみを採集し、分析に供した。

栽培管理は慣行によったが、盛夏にはときどき畦間灌水を行ない、かつ、トウモロコシの病虫害に対しては適時数回の防除を行い、被害を回避した。

調査は、トウモロコシの生育と収量、発生位置ごとに分別した雑草種とその生育量、およびそれぞれの窒素含有量 (以後N量と略す) と施肥由来窒素量 (以後施肥N量と略す) を慣行法とセミマイクロケルダール法によって調べ、さらに、全窒素量 (以後全N量と略す) から施肥N量を差し引いて、土壌由来窒素量 (以後土壌N量と略す) を計算した。なお、 ^{15}N の分析は、デュマ法にもとづく発光分析法で行なった。

III 結 果.

1. 競合雑草の生育推移と乾物量

それぞれの除草日において、1試験区で採集した全雑草乾物重を Fig. 2 に示す。

2W区の膝高期除草で採集した雑草乾物量は616 gで著しく多い。この量は、4W区において同一期間内に生長した雑草総量、すなわち、初期除草と膝高期除草の合計量の約12倍である。一方、膝高期

Table 1. Weeding practice in 2 times and 4 times weeding plots.

Date of weeding practice*	1 (June 14)	2 (June 29)	3 (July 25)	4 (Aug. 17)
2 times weeding plot	No	Yes	No	Yes
4 times weeding plot	Yes	Yes	Yes	Yes

* Each weeding time was nearly fitted the growing stages of corn plant as; 1: the early stage, 2: the knee-high stage, 3: the earing stage, 4: the milk-ripe stage. The corn plant is harvested at Aug. 28.

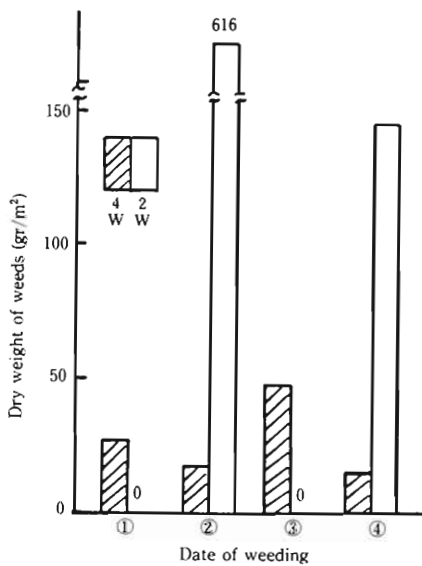


Fig. 2. Total dry weight (gr/m) of the weeds gathered at 4 times and 2 times in 4W and 2W weeding plots.

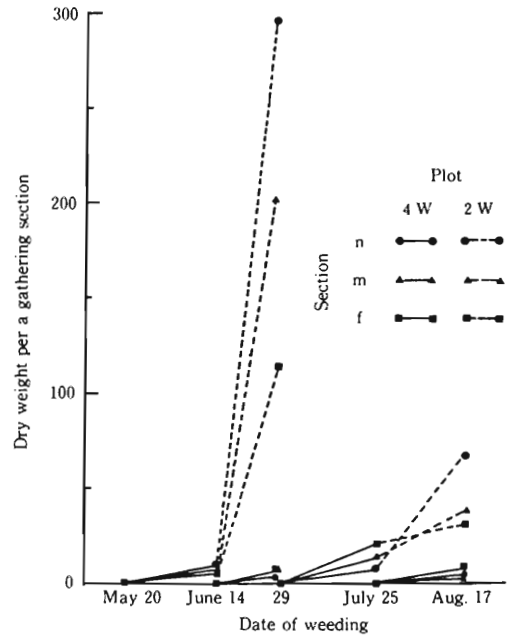


Fig. 3. Total dry weight of weeds gathered from the near(n), medium(m) and far(f) sections in 4W and 2W weeding plots.

除草後に生長した雑草乾物量は、乳熟期除草のみでは両区の差が大きい、4W区の出穂期除草と乳熟期除草の合計量と、2W区の乳熟期除草の量を比較した場合に、その差は膝高期における差にくらべてかなり小さくなった。

Fig. 3は、Fig. 2で示した全雑草乾物量を、それぞれの採集区別の生育推移として示した。

初期除草の6月14日までは、3採集区ともに乾物量は少なく、かつ、区間差も僅かであった。

4W区では、各除草日の間隔が短いため、その間に生育する雑草量は、いずれの採集区でも少量となったが、栽培の後半では、株から離れた位置の雑草

ほど生育が良くなる傾向を示した。

他方、2W区では、6月14日から6月29日までの期間中に、3採集区とも著しく雑草量が増大し、膝高期(6月29日)の乾物量はn区が最高で、次いでm区、f区の順となった。とくに、基肥の施肥位置に最も近いn区の量は、1試験区内の全雑草乾物量の約半分を占めた。また、膝高期除草の直後では、n区の雑草の生育が最も小さかったが、乳熟期除草時には、n区の乾物量が最高で、次いでm区、f区の順となった。

2. 施肥位置と発生雑草種との関係

膝高期除草で採集されたもののうち、採集区別に乾物量が上位にある3種の雑草の種名と、それぞれ

の窒素含有率 (N%) と基肥由来¹⁵N の存在率 (¹⁵N%) を Table 2 に示した。

Table 2. The rate of nitrogen uptake from basal-dressing by three main weed species grown in the n, m and f sections at knee-high stage of corn.

Sections	Weed species*	Weeding plots						
		4W			2W			
		Dry weight (g)	N%	¹⁵ N%	Weed species*	Dry weight (g)	N%	¹⁵ N%
n	Large crabgrass	1.6	2.99	50.8	Large crabgrass	281.0	2.01	55.7
	Violet crabgrass	0.9	3.77	52.8	Gramineae sp.**	7.3	2.03	36.9
	Virginia copperleaf	0.4	3.81	38.3	Yerbe de tajo	1.3	2.50	49.6
m	Livid amaranth	1.6	3.83	39.4	Large crabgrass	191.3	1.59	43.4
	Violet crabgrass	1.2	3.10	7.1	Gramineae sp.**	8.2	1.86	41.9
	Large crabgrass	1.1	2.97	5.7	Yerbe de tajo	0.7	2.46	20.4
f	Large crabgrass	4.9	2.90	3.4	Large crabgrass	118.4	1.45	6.0
	Yerbe de tajo	0.9	3.43	3.8	Gramineae sp.**	25.9	1.81	4.4
	Marshcress	0.8	3.05	3.3	Yerbe de tajo	0.9	2.30	2.6

*Japanese name: Large crabgrass; mehishiba, Violet crabgrass; akimehishiba, Virginia copperleaf; enokigusa, Livid amaranth; inubiyou, Yerbe de tajo; takasaburou, Marshcress: sukasitagobou.

**Unidentified.

Table 3. Total nitrogen content of weed plants and the amount of ¹⁵N absorbed by the weeds grown in the three sections from applied fertilizer.

Section	Weeding plots			
	4W		2W	
	T·N mg	¹⁵ Nmg from basal dressing	T·N	¹⁵ Nmg from basal dressing
n	352	169	6894	3265
m	374	136	3264	1407
f	438	16	1742	165
Total	1164	321	11900	4837
Section	4W		2W	
	T·N mg	¹⁵ Nmg from topdressing	T·N	¹⁵ Nmg from topdressing
	n	250	51	664
m	360	82	429	64
f	479	36	370	45
Total	1089	172	1463	251

乾物重については、4 W 区ではメヒシバとアキメヒシバが全体的に多かったが、他の雑草種との差は僅かであり、かつ雑草乾物量と採集位置との関係は一定しなかった。他方、2 W 区では、全採集区でメヒシバが、他の種よりも極めて多量となり、とくに、基肥の施用位置に近い n 区では、メヒシバの占有度が顕著に高くなった。したがって、2 W 区全体の全雑草乾物量のうち、メヒシバのみで90%以上を占めた。

同一種における N%と基肥¹⁵N%は、両区ともに、基肥位置近くに発生した個体ほど高くなる傾向を示した。メヒシバの N%は、他の草種よりも全区で低いにもかかわらず、2 W 区の n 位置におけるメヒシバが含有する全 N 量の半分以上は、基肥 N から由来していた。また、同一採集区の同一草種の N%を両区間で比較すると、生育ステージが若く、乾物中で葉部の占める割合の高い個体が多い 4 W 区で高くなった。

なお、基肥位置より約40 cm 離れた f 区では、両区とも、草種にかかわらず基肥¹⁵N の吸収量が極めて少なかった。

3. 競合雑草の N%と施肥由来 N 量

Table 3 に、各採集区内の全雑草が吸収した全 N 量と基肥および追肥由来の N 量の変化を示す。

基肥 N に関し、4 W 区では初期除草と膝高期除草の合計した雑草について、2 W 区では膝高期除草の雑草について示した。一方、追肥 N に関して、4 W 区は出穂期除草と乳熟期除草の合計について、2 W 区では乳熟期除草について示した。

生育前半期においては、4 W 区の雑草は、2 W 区のものよりも全 N 量と基肥由来 N 量の含有量が、全採集区で相対的に少なかった。また、4 W 区では全 N 量が、トウモロコシ株より離れるほど多く含有されたが、2 W 区では株に近いほど多くなった。他方、基肥由来 N 量は、両区ともに、基肥位置に近い採集区ほど多く含有していた。また土壌由来 N 量も、2 W 区では基肥位置に近いほど多くなる傾向を示した。

試験区全体で比較すると、全 N 量と基肥由来 N 量ともに、2 W 区が 4 W 区よりも著しく多くなり、全 N 量で約10倍、基肥由来 N 量で約15倍、土壌由来 N 量で約8倍が雑草体内に吸収されていた。なお、2 W 区的全 N 量11.9 g 中の約40%が基肥由来 N 量で占められた。

トウモロコシの生育後半期では、前半期に比べて、土壌、基肥ならびに追肥に由来する 3 種の N と

もに含有量は相対的に少なく、かつ両区の差も大きくならなかった。

4. トウモロコシの生育と収量

トウモロコシは、播種後約1週間で発芽したが、同時に雑草の発生も僅かにみられた。

Fig. 4 は、発芽から収穫までの草丈の推移を示す。

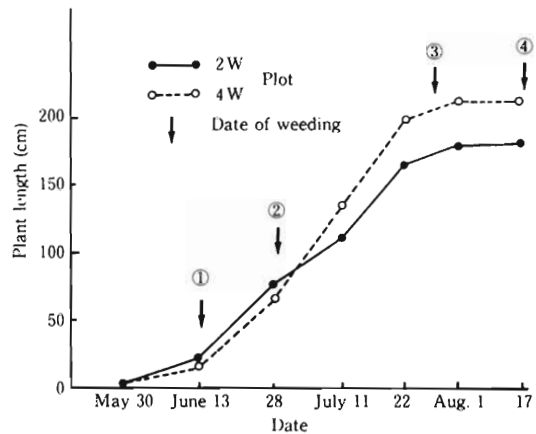


Fig. 4. Growth of the corn plant in length.

Arrows indicate the times of weeding: 1; June 14, 2; June 29, 3; July 25, and 4; Aug. 17.

草高が約50 cm に達した時期を膝高期とすると、2 W 区では6月20日、4 W 区では6月25日がそれぞれの区の膝高期にあたる。

発芽から膝高期除草までの期間中の草丈の伸長は、2 W 区が勝った。その後、4 W 区が急伸して、出穂期(7月25日頃)には、2 W 区よりも約30 cm 長くなり、収穫期でもそれが維持された。

なお、主稈の展開葉数は、生育初期で 2 W 区が、収穫期近くでは 4 W 区が僅かに多くなった。また、8月11日には、4 W 区の個体は、2 W 区のものにくらべて生葉数が2枚多く着生した姿となり、葉面積も1.5倍となった。

Table 4 は、収穫物の諸形質量および子実収量を示す。2 W 区の()中の数字は、各項目毎に、4 W 区の値を100とした指数を表す。

調査項目のうち、雌穂長は、雌穂柄と穂軸とを合わせた長さをもって示し、有効穂長とは、穂軸上で小穂が結実している部分の長さを示す。雌穂乾重は、苞葉部を含めた重さを示し、子実乾重、地上部乾重ともに85°C24時間乾燥後の乾重を表す。地上部重に

Table 4. Characters and grain yield of the corn plant harvested

Items	Weeding plots	
	4 W	2 W
Plant length (cm)	209.5	180.2 (86.0)*
Number of leaves on the main stem	15.8	15.4 (97.5)
Ear length (cm)	19.7	17.6 (89.3)
Effective ear length (cm)	19.2	13.1 (68.2)
L A I	1.69	1.23(72.8)
Dry weight of ear (gr)	76.0	47.5 (60.9)
Dry weight of shoots (gr)	146.0	101.5 (69.5)
Fresh grain yield (gr/ear)	171.0	60.0 (35.1)
Dry weight of grains (gr/ear)	50.0	25.5 (51.0)

* The figure in parenthesis shows the percentage to the value in 4 W plot.

Table 5. Nitrogen content(mg) of corn plants uptaken from different sources.

Parts	Weeding plots							
	4 W				2 W			
	Source			Total	Source			Total
Basal	Top	Soil	Basal		Top	Soil		
Ears	272	285	706	1263	86 (31.6)*	145 (51.4)	657 (93.1)	988 (78.2)
Tops**	109	82	211	402	36 (32.0)	70 (85.8)	246 (116.0)	352 (87.5)
Total	381	367	917	1665	122 (32.0)	315 (85.8)	903 (98.5)	1340 (80.5)

*The figure in parenthesis shows the percentage to the value of 4 W plot.

**Without ear.

は雌穂重も含めた。子実収量は、生食用としての乳熟期の生重と実取り用乾重の両方で示した。

いずれの形質も、4 W 区が2 W 区よりも大きくなったが、とくに収穫対象物の雌穂形質で区間差が拡大した。

子実収量のうち、2 W 区の生食用子実重は、4 W 区の収量の約35%程度しか得られなかった。また、実取り収量では、4 W 区が10アール当たり860 kg となり、全国平均よりやや多収を示した。

地上部のうち、雌穂部重の占める割合は、4 W 区で僅かに高くなった。また、4 W 区は2 W 区にくらべて、子実乾重では2倍となり、さらに、この区は生育後期まで生葉面積を高く維持した。

5. トウモロコシの全 N 量と施肥由来 N 量

8月28日に収穫したトウモロコシ個体の地上部

を、葉身、葉鞘、雌穂、稈、子実、雌穂柄軸、苞葉および枯死部に分けて、それぞれの全 N 量と¹⁵N 量を測定した。Table 5 は、それらの各部分を、栄養体部分と生殖体部分(雌穂のみ)に大別して取りまとめ、両部分の全 N 量とそれぞれに由来する3種類の N 量を示した。2 W 区の()中の数字は、4 W 区の各由来ごとの N 量を100とした指数を表す。

雌穂を除く全地上部の土壌由来 N 量以外では、それぞれの由来 N 量は、4 W 区が2 W 区よりも多くなり、とくに基肥由来 N 量は、いずれの部分においても、約3倍量の含有を示して、基肥 N の利用率を顕著に高めた。

地上部に含有された全 N 量は、4 W 区が1665 mg、2 W 区が1340 mg となり、その差325 mg の大半は、基肥由来 N の吸収の差によってもたらされた。

つぎに、個体に含有された全N量を、各由来別の比率で示すと、4W区では基肥由来Nが23%、追肥由来Nが22%、土壌由来Nが55%となり、2W区では、それぞれが9%、23.5%、67.5%となって、2W区における基肥由来Nの占める割合は、極めて低くなったことが注目された。

IV 考 察

雑草の生育速度は、普通の植物と同様に生育初期は緩慢で、その後、指数的に増大するS字型の推移を示す。

そこで、まずトウモロコシの競合雑草の生育が、施肥によっていかなる影響を受けるかを、各採草位置における雑草の地上部乾重の推移にもとづいて考え、加えてその推移が、トウモロコシの生育収量に及ぼす影響について考察を進めてみる (Fig. 3)。

生育前半期において、4W区の雑草は、膝高期までに一回除草され、その間の生育日数が極めて少ない。したがって、この間の雑草生育量はすべての採集位置で著しく少なく、相対生長率も平均して0.129~0.085/日の範囲にある。また、生長量と生長率ともに、採集区間の差は僅かである。つまり、吸収可能な窒素が多量に土壌中に存在していても、根系が未発達な生育初期においては、雑草はその窒素を充分に利用することができないことを示している。

一方、2W区においては、初期除草期以後に乾物生産が急増して、初期除草から膝高期除草までの相対生長率は、平均0.223~0.190/日まで上昇した。この期間はS字曲線の急伸期にあたり、とくに基肥位置に近い区ほど増加が著しくなった。つまり、初期除草を過ぎた頃から根系の発達が増し、基肥Nの吸収を増大させて地上部の乾物生産を高めたものと思われる。

トウモロコシの生育は、Fig. 4に示したごとく、膝高期までは極めて緩やかである。また、FOTH⁴⁾が報じたように、この間の根群生長量は僅かである。したがって、競合雑草の光合成と基肥吸収は、トウモロコシよりも優先的に行なわれることが考えられる。また、千坂⁵⁾や野口⁶⁾が指摘するように、一般に雑草は作物よりも肥料養分に対する反応性が高いことからみて、基肥位置に近い区の雑草ほど、地上部乾物の生産が大きくなったものと考えられる。

生育後半期においては、4W区では出穂期除草時には、追肥位置から遠いほど雑草乾物量が多くなった。これは、この時期のトウモロコシ植物体はかなり大きくなり、株もと近い場所ほど遮光程度が強

なって生じた現象とみられる。したがって、追肥が雑草の生育に及ぼす効果は小さいものと思われる。

以上から、トウモロコシの株元に雑草を膝高期まで放置すると、この雑草が基肥に対する強度の競合者としてのみならず、地上部における光に対する競争者として働き、Fig. 4に示すごとく、生育初期にトウモロコシを徒長させ、栄養体の充実を悪化させる原因となることが考えられる。

つぎに、上述した現象が、トウモロコシの生育収量に及ぼす影響について考える。

菅原⁷⁾、青刈トウモロコシを無除草のまま放置した場合、除草を行なった場合の収量の約40%しか得られないが、播種後4~5週間目に一回除草を行なえば、普通の収量が得られると報じている。JORGE¹¹⁾は、雑草と競争状態に置かれたトウモロコシは窒素施肥を多くして、窒素レベルを高めることによって減収率を下げうることを報じている。また、トウモロコシの対雑草競争力は、生育後半で大きくなるので、初期生育の増進と競争力の附与のために、基肥Nを株元近くに多量に与える栽培が一般にとられる。したがって、本実験のトウモロコシの収量における区間差は、生育初期に生じた雑草の影響が、直接に表われたものと考えてよいであろう。つまり、初期におけるトウモロコシの光合成とN吸収が、雑草との競合によって低下した結果、生育後期の追肥によっても回復せずに、収量減となったものと思われる。

つぎに、発生した雑草種とその雑草が吸収する基肥N量の関係について考察する。

Table 2に示すごとく、本実験の膝高期除草において採集された雑草種のうち、全採集区を通してメヒシバが最も多量に存在していた。我が国のトウモロコシ栽培においては、一般に競合雑草種とされるものは、岩田⁸⁾によるとメヒシバとオヒシバがあげられている。したがって、本実験の場合もその結果とよく一致した。

4W区においては、すべての雑草種の乾物量が極めて少ない。したがって、基肥Nの吸収量に関しては、ほとんど問題とはならないものと考えられる。

2W区においては、メヒシバのN%が全般的に低いにもかかわらず、基肥由来Nの存在率が他の草種よりも高くなった。このことは、メヒシバの施肥Nに対する吸収力が強いことを示していて、メヒシバが畑地の強雑草とされる理由を、乾物生産力の大きさに加えて、N吸収力の強さの面から裏づけたものであって興味深い。

つぎに、競合雑草による施肥Nの収奪について考察する (Table 3)。

まず、生育前半期において、4W区の雑草乾物量は、除草が一回行なわれているので、2W区にくらべて著しく少ない。したがって、Table 2でみると、それぞれの雑草種のN%は、2W区のものよりもやや高いにもかかわらず、全N量と基肥由来N量は2W区の約1/10程度となった。つまり、4W区のように、初期に一度除草を行えば、雑草による基肥Nの収奪量が大きく低下し、養分に対する雑草害が著しく軽減されることを示すものと思われる。

2W区においては、施用した基肥N量6000mgのうち、膝高期までに競合雑草によって、約80%に相当する4800mgが収奪されて、Table 5に示すごとく、2W区のトウモロコシの基肥Nの利用率が著しく低下したものと考えられる。

また、基肥位置に近い区の雑草ほど、基肥Nの収奪が強くなった。これは、普通作物の施肥反応でみられる強さよりもかなり大きく、雑草の施肥反応の大きさがうかがえて興味深い現象であった。なお、2W区では、基肥由来N量に比例して、全N量が多くなった。これは、基肥Nの施用が契機になって、土壌由来Nがより多く吸収利用されることを示し、いわゆる施肥のプライミング効果が、雑草に対して顕著に生ずることを表わすものであって、大変に興味深い現象であった。

生育後半期の追肥Nの影響は、両区とも発生雑草量が少ないので、その収奪量はほとんど問題とならないものと考えられる。

以上の結果、トウモロコシが膝高期に達する以前に、株元近くのすべての雑草を一回除草すれば、基肥窒素の雑草による収奪を低下させ、子実収量に好結果を与えることができるものと結論された。

V 要 約

この報文は、トウモロコシの競合雑草が、施肥窒素の収奪を通してトウモロコシ収量に影響するしくみを、¹⁵N 標識肥料を用いて直接調査したものであ

る。

結果の概要は以下の通りである。

(1) 競合雑草の生育は、トウモロコシの生産初期には小さく、播種後、約1ヶ月頃から急増した。したがって、生育初期に除草されずに膝高期まで放置された雑草は、基肥窒素をトウモロコシよりも優先的に吸収し、施用した基肥窒素の約80%を収奪するとともに、乾物生産においても、トウモロコシに被害を与えた。

(2) 初期除草が行われると、その後の雑草発生量は僅かとなり、基肥窒素の雑草による収奪が軽減され、トウモロコシは高収を確保した。

(3) 競合雑草は、トウモロコシの基肥窒素の利用率を低下させるのみならず、追肥窒素および土壌窒素の吸収も低下させた。

(4) 施肥窒素の収奪力の大きい雑草種は、メヒシバであって、この草種が養分吸収における強雑草であることが判った。

VI 謝 辞

本研究における調査や実験の遂行に当って、近畿大学農学科学学生、藤本吉一、偶田 茂の両君の協力を得た。ここに深謝する。

引用文献

- 1) N.H. JORGE and W.S. DAVID: *Agro. Jour.* 53, 1-5 (1961)
- 2) J. VENGRIS, M. DRAKE, Wm.G. COLBY and J. BART: *Agro. Jour.* 47, 213-218 (1955)
- 3) 加藤富造・春原 亙: *雑草研究* 5, 23-33 (1966)
- 4) H.D. FOTH: *Agro. Jour.* 54, 49-52 (1962)
- 5) 千坂英雄: *雑草研究* 5, 16-22 (1966)
- 6) 野口勝可・中山兼徳: *雑草研究* 23, 175-179 (1978)
- 7) 菅原清康: *新潟農林研究* 15, (1963)
- 8) 岩田岩保・高柳 繁: *雑草研究* 25, 194-199 (1980)