

デントコーン栽培における異なる施肥法及び除草剤処理法に対する雑草の生育反応

井上博道^{***}・伊藤豊彰^{*}・三枝正彦^{*}

Growing reactions of weeds to different methods of fertilizer and herbicide applications
in dent corn (*Zea mays* L.) cultivation.

Hiromichi Inoue^{***}, Toyoaki Ito^{*} and Masahiko Saigusa^{*}

要約：施肥法と除草剤処理を組み合わせることにより、除草剤使用量を減らしつつデントコーンの収量を維持できるか否かを検討した。(1) デントコーンの収量は除草剤全面散布に比べ無散布で低下したが、畦散布により収量の低下が軽減できた。(2) 除草剤処理を減らすと雑草量が増加した。除草剤を散布しない場合、被覆肥料の接触施肥では速効性肥料の全層施肥あるいは表面施肥に比べ畦での雑草が増加し、畦間の雑草が減少した。(3) 被覆肥料の接触施肥と除草剤畦散布を組み合わせた場合、畦雑草の養分吸収を抑制し、除草剤無散布に比べデントコーンの養分吸収量が増加した。しかしながら、除草剤畦散布では、畦間の雑草が防除できないことにより、デントコーン収量が全面散布より低下した。そのため、畦間の雑草防除対策（耕起栽培では中耕培土、不耕起栽培では被覆植物の利用など）ができれば、除草剤使用量の減少とデントコーンの乾物収量の低下抑制を調和的に達成できるものと考えられた。

キーワード：被覆肥料，接触施肥，除草剤，雑草防除，不耕起栽培

はじめに

トウモロコシ栽培においては除草体系が確立しており、播種前の耕耘と播種後の選択性除草剤の散布によって、ほぼ完全な雑草防除が可能である（戸澤 1981）。播種前に耕耘を行わない不耕起栽培の場合、播種前の非選択性除草剤と播種後の選択性除草剤の散布により、雑草防除が可能となる。しかしながら、農耕地が地域環境の汚染源とならないようにするためには、除草剤の特性や施用方法の改善により施用量を削減することが重要と考えられる。

近年、温度に依存して徐々に肥料成分が溶出するポリオレフィン系樹脂被覆肥料が開発されている（藤田 1995）。この被覆肥料は、速効性肥料と比べ、種子と接触しても濃度障害を引き起こしにくく（Shoji ら 1992）、作物の生育に合わせて肥料成分を溶出するため（Shoji ら 1991, 1992）、肥料利用率が向上すること（Shoji ら 1994）が報告されている。作物に効率良く肥料成分を供給し雑草による肥料吸収を抑制できるとすれば、除草剤

使用量を削減することも可能である。施肥法を利用した雑草防除の研究例は少ないが、Tomaso (1995) は種子直下の深層にすじ状に施肥する深層バンド施肥により雑草バイオマスを減少させインゲンマメやイネの収量が増加することを報告している。しかしながら、施肥法と除草剤処理を組み合わせた雑草防除に関する研究は見当たらない。そこで本研究は、デントコーン (*Zea mays* L.) の耕起および不耕起栽培における被覆肥料の全量基肥・接触施肥と速効性肥料の全層施肥あるいは表面施肥での雑草の生育反応を比較し、除草剤処理と組み合わせることにより、除草剤使用量を減らしつつデントコーンの収量を維持することが可能か否かについて検討した。

材料と方法

デントコーンの栽培試験は 1998 年と 1999 年に東北大学農学部附属農場で行った。なお、耕起栽培を行った圃場は前作として 4 年間デントコーンの耕起栽培試験を行っており、不耕起栽培を行った圃場は栽培前 5 年以上耕耘な

* 東北大・院農

** 現在：九州大生物環境調節研究センター 〒 812 - 8581 福岡市東区箱崎 6 - 10 - 1

Biotron Institute, Kyushu University, 6 - 10 - 1 Hakozaki, Higashi-ku, Fukuoka 812 - 8581, Japan

第1表 デントコーンの乾物収量

	1998年耕起		1998年不耕起		1999年不耕起	
	接触施肥	全層施肥	接触施肥	表面施肥	接触施肥	表面施肥
全面散布	11.8 ± 0.7 a	11.4 ± 1.0 a	14.7 ± 0.6 a	14.2 ± 0.3 ab	18.9 ± 0.9 a	19.3 ± 0.9 a
畦散布	12.0 ± 0.1 a	9.0 ± 1.3 a	14.0 ± 0.8 ab	13.9 ± 0.4 ab	13.3 ± 0.5 b	10.4 ± 0.2 c
無散布	10.8 ± 1.5 a	9.7 ± 1.0 a	13.1 ± 0.3 b	12.9 ± 0.4 b	8.4 ± 1.1 d	5.5 ± 0.7 e

単位は Mg ha^{-1} 、±の後は標準誤差。同じ記号は5%水準で有意差がないことを示す。

どの除草作業は行わず、休閑地であった。供試土壌は非アロフェン質黒ボク土で、栽培前の時点では雑草の種類および量に大きな変異がない場所で栽培試験を行った。供試品種は1998年にはパイオニア3352を、1999年には同品種の販売停止によりパイオニア33G26を使用した。

施肥処理として被覆肥料である被覆磷硝安加里の接触施肥（施肥幅5cmバンド状）と速効性肥料である磷硝安加里の全層施肥（耕起栽培）あるいは表面施肥（不耕起栽培）を設け、ともに全量基肥とした。被覆磷硝安加里は40日タイプと70日タイプを1:2になるように混合して用いた。なお40日タイプとは25℃水中で肥料成分を80%溶出するのに40日間必要とするものである。施肥量はha当たり成分でN150kg、 P_2O_5 150kg、 K_2O 150kgである。施肥処理のそれぞれには除草剤処理として播種後のアトラジン+アラクロールの全面散布、畦散布、無散布の3処理を、耕起では一区画2.88m×3.60m、不耕起では一区画2.88m×2.70mとし3反復で設けた。除草剤の全面散布は慣行的な除草体系である。なお、畦はデントコーンの根量が多い株を中心とした幅20cmとした。除草剤施用量は全面散布でアトラジン0.75kg a.i. ha^{-1} 、アラクロール2.15kg a.i. ha^{-1} であり、畦散布の除草剤施用量は全面散布処理の28%に相当する。播種前の雑草防除は耕起栽培では耕耘により、不耕起栽培では除草剤（グリフォサート、2.05kg a.i. ha^{-1} ）散布により行った。なお、本栽培ではホールクロープサイレージを想定しているので、デントコーンの地上部は全部刈り取り、残渣はほぼ残らず、栽培後には雑草残渣のみが地表に存在した。

播種は、1998年は5月19日に、1999年は5月17日に行った。施肥及び播種の手順としては、自作の作溝機を連結した歩行用の耕耘機により5cm幅で深さ3cmの溝を作り、接触施肥区では溝に施肥し肥料の上に直接播種し、耕起栽培の全層施肥区では地表面に均一に施肥後ロータリーにより深さ10cmで混合したのち、覆土、鎮圧を行った。不耕起栽培の表面施肥区では溝に施肥し、覆土、鎮圧を行ったのち、試験区の全面に表面施肥した。栽植密度は72cm×18cmとした。播種後の除草剤散布は、1998年は5月28日に、1999年は5月26日に背負い式の動力噴霧機で行った。除草剤畦散布処理では、小型噴霧機により一定量を畦に均一に散布した。収穫は、1998年は9

月18日に1999年は9月13日の黄熟期に行った。デントコーン収穫後、株を中心とした幅20cmを畦、残り52cmを畦間として畦方向に1m幅で雑草の地上部をプロットごとに採取した。採取したデントコーンと雑草は、70℃で通風乾燥し、秤量後粉碎して、硫酸-過酸化水素分解法（水野ら1980）により湿式灰化した。その後、窒素は水蒸気蒸留法、リン酸はモリブデン青法、カリウムは原子吸光度法により分析した。

圃場試験は3反復の分割実験法（split-plot design）により行い、統計処理は施肥法と除草剤処理法の2要因について二元配置分散分析後、除草剤処理間あるいは施肥処理間で有意差がみられたものについてチューキー法により処理内の検定を行った。

結果および考察

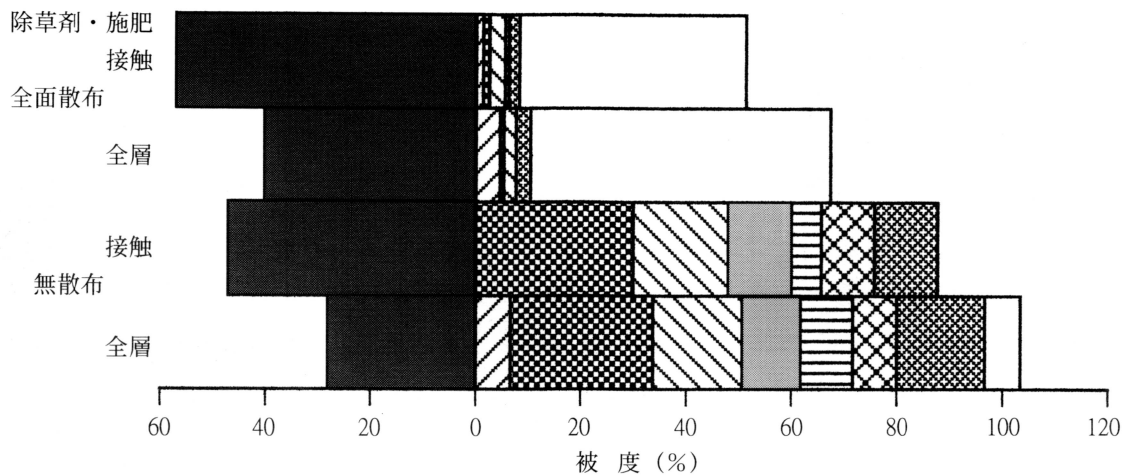
1. デントコーンの乾物収量

第1表にデントコーンの乾物収量を示した。

耕起栽培：除草剤無散布では全面散布に比べ、デントコーンの乾物収量が低下した。畦散布と全面散布を比較すると、全層施肥区では全面散布に比べ畦散布で収量の低下がみられたが、接触施肥区では収量の低下はみられなかった。施肥処理間の乾物収量を比較すると、接触施肥区で全層施肥区に比べ乾物収量が高い傾向がみられた。不耕起栽培：1998年の接触施肥区では除草剤の全面散布は無散布に比べ収量が5%水準で有意に高いが、それ以外の除草剤処理間に有意な収量差はなかった。1999年の乾物収量では接触施肥区および表面施肥区ともに、全面散布と畦散布、全面散布と無散布、畦散布と無散布の間にそれぞれ5%水準で有意差がみられた。

施肥処理間の乾物収量を比較すると、接触施肥区で表面施肥区に比べ乾物収量が高い傾向がみられ、1999年の畦散布および無散布では表面施肥区に比べ接触施肥区の乾物収量が5%水準で有意に高かった。

以上の結果より、除草剤の全面散布に比べ無散布ではデントコーンの乾物収量が大きく低下するが、畦散布により収量の低下が軽減できた。また、被覆肥料の接触施肥では速効性肥料の表面施肥あるいは全層施肥に比べ、デントコーンの乾物収量が同等かもしくは高いことが明らかとなった。



第1図 生育中期におけるデントコーンと雑草の被土 (1997年，耕起)



2. 雑草種と雑草乾物重

栽培試験区の主要雑草は，耕起栽培と不耕起栽培，施肥及び除草剤処理，および年次で大きな違いはなかった。試験地での前年（1997年）におけるデントコーン生育中期におけるデントコーンと雑草の被度を第1図に示した。雑草種としては，メヒシバ (*Digitaria ciliaris* Koeler)，ツククサ (*Commelina communis* L.)，イヌビユ (*Amaranthus lividus* L.)，イヌビエ (*Echinochloa crus-galli* P. Beauv.) であり，この他にハコベ (*Stellaria media* Villars)，レッドトップ (*Agrostis alba* L.)，タニソバ (*Persicaria nepalensis* H. Gross)，エゾノギシギシ (*Rumex obtusifolius* L.)，オオアレチノギク (*Conyza sumatrensis* Walker.)，シロザ (*Chenopodium album* L.) などがみられた。除草剤を慣行のように全面散布すると，ほぼ雑草の発生が抑制できたが，除草剤無散布では上記の雑草が多く発生し，メヒシバとツククサで雑草の被度の半分近くを占めた。

第2図に収穫期における雑草の乾物重を示した。

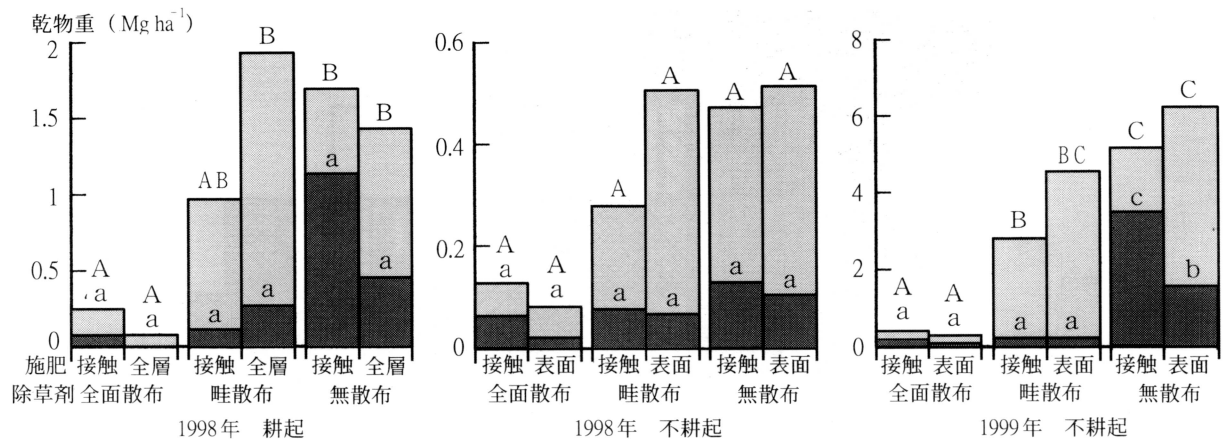
耕起栽培：除草剤全面散布に比べ，除草剤無散布では全体の雑草量が5%水準で有意に増加し，特に接触施肥区では，畦における雑草の割合が高かった。接触施肥区では有意差はないものの除草剤畦散布により畦での雑草量が大幅に減少し，全体（畦+畦間）量も減少した。それに対し，全層施肥区では畦での雑草は少なくなる傾向がみられたが，全体量は減少しなかった。

不耕起栽培：年次間の全体の雑草乾物重で比較すると，1998年は栽培初年目でデントコーン収穫期に0.6Mg ha⁻¹以下と雑草が少なかった。これは，デントコーン栽培前は5年以上除草処理をしていなかったため，春の雑草に覆われていたことにより夏のデントコーン栽培期間中に繁茂する雑草の種子が相対的に少なかったこと，あるいは

は栽培前の除草剤処理による雑草の枯死体が比較的多く，それに被覆されることにより雑草の発生が抑えられたことが原因として考えられる。1999年は前年の雑草による種子散布量が増加したことが考えられ，雑草量が大幅に増加し5 Mg ha⁻¹以上であった。

除草剤処理間で雑草量を比較すると，1998年は除草剤処理間に有意差はなかったが，接触施肥区では除草剤の全面散布に比べ無散布で雑草が増加する傾向がみられ，また畦散布により雑草の増加が抑制される傾向がみられた。1999年での全体の雑草量では除草剤使用量が増加するほど雑草が減少し，接触施肥区の全面散布と畦散布，畦散布と無散布の間にそれぞれ5%水準で有意差がみられた。また雑草量は表面施肥区の全面散布と畦散布の間に5%水準で有意差がみられたが，畦散布と無散布の間には有意差がなかった。このことから表面施肥区では接触施肥区に比べ，畦の雑草には効果がみられたが全雑草量に対する抑制効果は少ないと考えられる。畦の雑草量を比較すると，全面散布と畦散布では0.07～0.21Mg ha⁻¹に対し，無散布では接触施肥区および表面施肥区でそれぞれ3.5，1.6Mg ha⁻¹であり，除草剤処理により畦の雑草量が減少することが明らかである。

施肥処理間で全体の雑草量を比較すると，有意差はないものの除草剤の畦散布では接触施肥区が表面施肥区に比べ雑草量が減少する傾向がみられた。1999年の畦の雑草量をみると，除草剤無散布では接触施肥区は表面施肥区に比べ，畦の雑草は5%水準で有意に増加したが畦間での雑草は減少した。これは耕起栽培の接触施肥で全層施肥に比べ，畦の雑草は増加するが畦間での雑草は減少した結果（井上ら 2000）と一致した。接触施肥では5 cm 幅のすじ状に肥料が施用されるのに対し，表面施肥



第2図 収穫期における畦および全体の雑草乾物重

■ 畦 □ 畦間 同じ記号は5%水準で有意差がないことを示す。

では全面に均一に肥料が施用される。そのため接触施肥では表面施肥より施肥部にあたる畦の雑草量が増加し、非施肥部の畦間では雑草量が少なくなったのであろう。

以上をまとめると、収穫期における全体の雑草量は除草剤全面散布より無散布で増加した。除草剤畦散布では畦の雑草量を減らし、無散布よりも全体の雑草量が減少した。また接触施肥では表面施肥に比べ畦の雑草は増加するが、畦間の雑草が減少することにより全体の雑草量は減少した。したがって接触施肥と畦散布を組み合わせることによりさらに雑草量を減らすことが可能であった。

3. 収穫期におけるデントコーンと雑草の養分吸収量

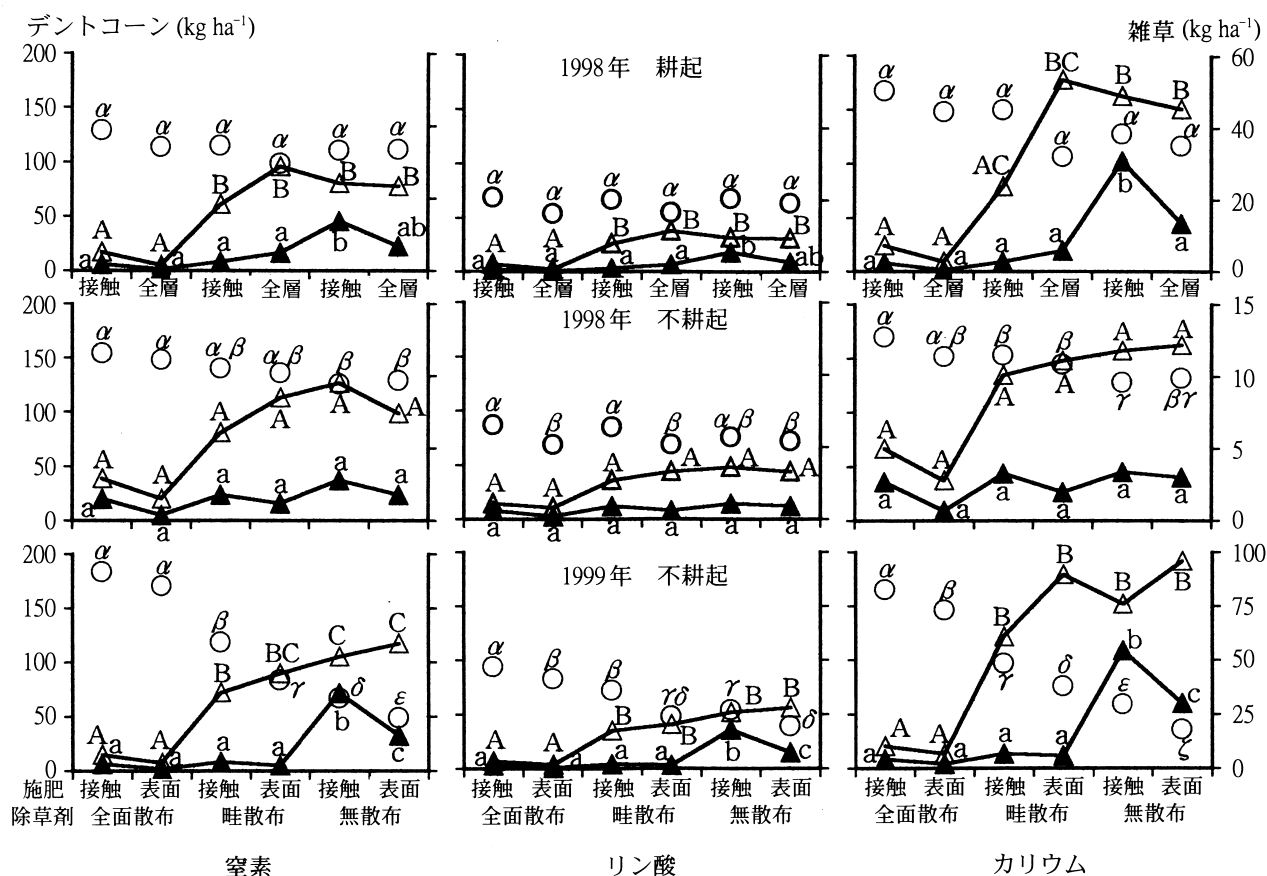
雑草量が増加すると、雑草が土壌および肥料由来の養分を吸収することにより作物と養分に対する競合が起こり、作物の養分吸収量が低下することが考えられる。第3図に収穫期におけるデントコーンの養分吸収量を示した。

デントコーンの窒素吸収量についてみると、不耕起栽培では1998年、1999年とも除草剤の全面散布に比べ、無散布では窒素吸収量が5%水準で有意に低下した。デントコーンのリン酸吸収量についてみると、不耕起栽培では1998年、1999年とも施肥処理間に5%水準で有意差がみられ、接触施肥区で全層施肥区あるいは表面施肥区より吸収量が多かった。これは黒ボク土ではリンの固定が強く起こり、全層施肥あるいは表面施肥より局所施肥の方が肥料リンの吸収効率が高く、また速効性肥料に比べ、肥料成分を徐々に溶出する被覆肥料の方がリン固定を受けにくかったことが原因と考えられる。デントコーンのカリウム吸収量は、窒素とはほぼ同様の傾向を示した。除草剤処理では全面散布より無散布でカリウム吸収量が低くなるものの、畦散布では無散布より吸収量が多い傾向がみられた。

第3図に収穫期における雑草の養分吸収量を示した。1998年の不耕起では雑草発生量が少なく、デントコーンの乾物収量および養分吸収量に対する雑草の影響は小

さかったので、1998年の耕起と1999年の不耕起における雑草の養分吸収量について検討する。全体の雑草の窒素、リン酸、カリウム吸収量は、耕起、不耕起とも全面散布に比べ無散布で大幅に有意に増加した。しかしながら除草剤畦散布を行うと、耕起、不耕起とも同施肥処理区の無散布に比べ畦での雑草による養分吸収を有意に抑え、1998年の耕起全層施肥区の窒素及びカリウムを除き、全体の吸収量が減少する傾向がみられた。また接触施肥区では表面施肥区（不耕起）あるいは全層施肥（耕起）に比較して畦間雑草の養分吸収量が少なくなることによって、全体の吸収量が少なくなる傾向がみられた。除草剤無散布の場合、畦雑草の養分吸収量（1999年）は接触施肥区で表面施肥区に比べ5%水準で有意に増加した。しかしながら除草剤の畦散布により畦雑草の養分吸収量が全面散布と同程度にまで減少し、施肥処理の差はなくなった。

全面散布に比べ除草剤無散布で乾物収量が低下したのは、雑草量および雑草による養分吸収量が増加したことから、デントコーンと雑草の養分あるいは空間的な競合が大きな要因として考えられる。被覆肥料の接触施肥と除草剤畦散布を組み合わせた場合、畦雑草の養分吸収を抑制しつつ効率的に肥料養分を供給することにより、除草剤全面散布には及ばないものの無散布に比べデントコーンの乾物収量が増加した。除草剤はその使用に伴う化石燃料の消費により環境に負荷を与えるだけでなく、特に土壌に吸着されにくい薬剤もしくは土壌条件では土壌処理剤の使用は溶脱による地下水汚染（平田 1996）も懸念される。したがって環境負荷軽減の観点から除草剤の使用量を極力少なくすることが重要と考えられる。本研究では少量の除草剤の畦施用と被覆肥料を用いた接触施肥を組み合わせることによって、雑草との養分競合を抑制し、デントコーンへの養分供給効率を高めることが可能であることが明らかとなった。しかしながら接触



第3図 収穫期におけるデントコーンと雑草の養分吸収量

○, デントコーン; ▲, 雑草 (畦); △, 雑草 (全体)。同じ記号は5%水準で有意差がないことを示す。

施肥と除草剤の畦散布を組み合わせても、畦間における雑草は防除できず、除草剤全面散布に匹敵する除草効果は達成できなかった。耕起栽培であれば、中耕培土による畦間雑草の防除が可能であるが、不耕起栽培では、特に土壌侵食防止を目的にしている場合には、土壌を攪乱する中耕培土は導入しにくい。その場合、被覆植物の利用、すなわち地上部が大きくならない被覆作物をデントコーン栽培前に植え、畦間を覆うことにより他の雑草の発生を抑える等の、畦間での雑草発生抑制技術が必要となると考えられる。これらの対策をあわせることが可能であれば、この新しい接触施肥と除草剤畦散布の雑草防除法は、除草剤の使用量の減少とデントコーン乾物収量の低下抑制を比較的長い期間にわたって調和的に達成できるものと考えられる。

引用文献

- 藤田利雄 1995. ポリオレフィン系樹脂被覆肥料. 庄子貞雄編「新農法への挑戦」. 博友社, 東京, pp.93-104.
 平田 健 1996. 土壌・地下水汚染と対策. 日本環境測定分析協会, 東京, pp.19-21.

- 井上博道・伊藤豊彰・三枝正彦 2000. 肥効調節型肥料を用いたデントコーンの全量基肥・接触施肥栽培における雑草の生育反応. 土肥誌 71 : 345-349.
 水野直治・南 松雄 1980. 硫酸一過酸化水素による農作物中 N, K, Mg, Ca, Fe, Mn 定量のための迅速前処理法. 土肥誌 51 : 418-420.
 Shoji, S. and A. T. Gandeza 1992. Controlled release fertilizers. Konno Printing Co., Ltd., Sendai, Japan.
 Shoji, S., A. T. Gandeza and K. Kimura 1991. Simulation of crop response to polyolefin coated urea: II. Nitrogen uptake by corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 55 : 1468-1473.
 Shoji, S. and H. Kanno 1994. Use of polyolefin coated fertilizers for increasing fertilizer efficiency and reducing nitrate leaching and nitrous oxide emissions. Fertilizer Research 39 : 147-152.
 Tomaso, J. M. 1995. Approaches for improving crop competitiveness through the manipulation of fertilization strategies. Weed Science 43 : 491-497.
 戸澤英男 1981. トウモロコシの栽培技術. 農文協, 東京, pp.141-143.

(2001年2月7日受理)