

トウモロコシ不耕起栽培における播種前後の堆肥施用効果

高脇美南^{*}、白坂伸二

要約

前報では、トウモロコシ不耕起栽培は耕起栽培と同等の収量が得られることを報告した。今回は不耕起栽培の普及上の課題である堆肥施用の可否、散布時期及び播種深度の影響を調査した。結果、二期作目に、堆肥を無施用、播種3日前、播種直前、播種直後施用を実施した場合、時期に関係なく堆肥施用によって播種作業に支障はなかった。乾物収量は、堆肥無施用、播種3日前、播種直前、播種直後それぞれ浅い深度(3~5cm)で10a当たり619、860、865、1148kg、深い深度(5~7cm)で927、965、1061、1325kgであった。以上のことから、不耕起栽培における堆肥散布は可能であり、播種深度はやや深い深度である5~7cmが有効であることが示唆された。さらに、播種前後の降雨量が少ない気象条件においては、播種直後に堆肥散布することにより、高い土壌含水率が維持され、乾物収量が向上する傾向が認められた。今後は異なる気象条件での検討が必要である。

キーワード：不耕起栽培、飼料用トウモロコシ、堆肥、播種深度

緒言

気候が温暖な愛媛県では、4~5月に播種し、7~8月に収穫、その後直ちに播種を行い、10~11月に収穫するトウモロコシの二期作体系が実施されている。二期作栽培は栄養価の優れたトウモロコシを年2回生産できるが、多収を得るには適期の播種及び収穫が求められる。特に2作目は次第に気温が低下するため、播種が遅れると登熟が不十分となり、収量及び品質が低下することが報告されている¹⁾。そのため2作目の播種は1作目の収穫後、ただちに実施する必要があるが、1作目の収穫、サイレージ調製、2作目の耕起、播種までを短期間に行わなければならない、生産者は過酷な重労働に陥る。九州ではその対応策として、2作目の播種に省力化栽培法である不耕起栽培が導入され、コントラクタを中心に広く普及している²⁾。さらに不耕起栽培における近年の動きとして、橘らが新たな不耕起播種機を開発した³⁾。本播種機はこれまでの海外製と比較して小型で軽量であり、30馬力程度のトラクタでの利用が可能であるため、

ほ場が狭小な本県での普及が期待される。前回、著者らは本播種機を用いてトウモロコシの不耕起栽培を実施した結果、耕起栽培と同等の収量が得られることを報告した⁴⁾。

一方、畜産農家における自給飼料生産では、家畜排せつ物堆肥の圃場還元は必要不可欠であり、さらに、家畜排せつ物堆肥は窒素等の有機物を含む有効な資源として、自家圃場における循環型農業の実現、化学肥料の節減のため、その利用が推進されている。しかし不耕起栽培に堆肥施用を伴った報告は少なく、不耕起栽培を普及するうえでの課題となっている。特に、土壌状態及び播種深度は、不耕起栽培の播種状況や生育に影響を及ぼす要因であると報告されており⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾、不耕起栽培時の堆肥施用は表層施用となるため、堆肥施用による土壌の変化が播種の作業性及び収量へ与える影響が懸念される。そのため、不耕起栽培における堆肥施用は播種前後のどの時期が適切か、その際の適切な播種深度及び施用時期との関連について調査する必要がある。そこで本試験では不耕起播種機にお

ける播種前後の堆肥施用効果及び播種深度の関係を調査し、不耕起栽培における堆肥施用方法を検討した。

材料及び方法

1) 耕種概要

試験は愛媛県農林水産研究所畜産研究センター内圃場にて実施した。実験圃場はトウモロコシを収穫後、グリホサート剤を標準使用量で散布し、除草処理を行った。品種はSH5937（(株)雪印種苗）を供試し、2015年8月7日に播種、同年11月25日に収穫した。栽植密度は条間70cm、株間20cmに設定した。試験区は堆肥を播種の3日前に散布した播種3日前区、堆肥を播種の直前に散布した播種前区、堆肥を播種後散布した播種後区とし、対照区として前作収穫後、堆肥の散布を行わず播種を行う堆肥無施用区を設けた。それぞれに播種深度の浅い区、深い区を設定し、計8区とした。堆肥は上述の時期にマニュアルスプレッダを用い10t/10a、覆土厚3~5cmずつ施用した。施肥は施肥ホッパーを用い50kg/10aで播種と同時に施用した。後発雑草の除草として、トウモロコシ4葉期にニコスルフロン乳剤を標準使用量散布した。

(2) 測定項目

土壌状態として土壌硬度、土壌含水率を調査した。土壌硬度は、播種時に貫入型土壌硬度計

(DIK-5532、大起理化工業(株)、埼玉)を用いて、任意の3地点で測定した。また播種後区の堆肥施用後に、各区3地点の土壌を採取し、110℃で24時間乾燥後重量を測定し、乾燥前後の重量比から土壌含水率を算出した。播種作業の条件として、株間及び播種深度を調査した。株間は播種7日後に任意の3箇所を10点、計30点を測定した。播種深度は堆肥表面から種子までとし、同様に計測した。播種作業性の指標として覆土不足率、逸失率を調査した。播種溝に落下したものの、溝が閉じず露出したものを覆土不足、播種溝からの種子の飛び出しを逸失とし、任意の3箇所を20m間を目視で測定した。覆土不足及び逸失であった種子数を、株間及び条間から算出した栽植本数で除し、それぞれ百分率で表した。生育への影響として苗立率、乾物収量を調査した。苗立率は播種7日後に、定着したすべての個体数を目視にて測定し、栽植本数で除したものとした。トウモロコシの収穫期に各区3箇所から10点ずつ刈取り、80℃、24時間乾燥後、前後の重量比から乾物率を算出した。栽植本数、10株当たりの重量、乾物率及び苗立率から、10a当たりの乾物収量を算出した。堆肥の施用が雑草に及ぼす影響を把握するため、茎葉処理から1か月後に、ステップ・ポイント法⁸⁾により雑草被度を調査した。統計解析は二元配置分散分析で行った。

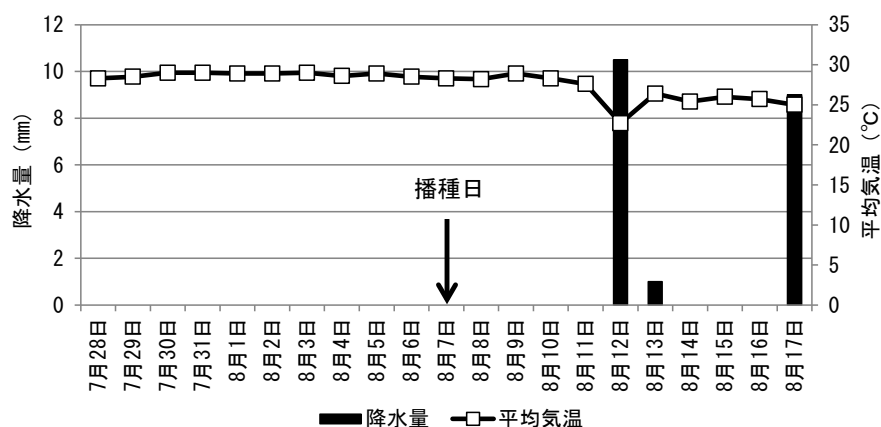


図1 播種前後10日間における気象状況

表1 播種時土壌含水率及び播種状況

	対照区		播種3日前		播種前		播種後	
	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い
土壌含水率 (%)	13.0		20.6		24.7		43.6	
株間 (cm)	18.1	18.2	18.2	19.2	18.2	19.2	17.7	19.3
栽植密度 (本/10a)	8044	7919	7995	7635	8027	7616	8194	7650
播種深度 (cm)	3.3	4.6	4.3	5.9	4.7	5.2	4.0	6.7

表2 播種作業性の比較

	対照区		播種3日前		播種前		播種後	
	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い
覆土不足率 (%)	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
逸失率 (%)	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

結果

試験実施期間中、播種前10日間及び播種後5日間降雨がなかった(図1)。そのため、対照区(堆肥無施用区)の播種時土壌含水率は13.0%であったが、堆肥を散布した試験区においては、対照区よりも高い傾向にあり、特に、播種後区が高い値(43.6%)であった(表1)。さらに、播種時の土壌硬度においても、対照区は表層から15cmまで2MPa以上で推移したものの、堆肥を散布した試験区は、2MPa以下で推移した(図2)。なお、播種深度は、浅い区では平均3.3~4.7cm、深い区では平均4.6~6.7cmであった(表1)

対照区においては、播種深度が浅い場合逸失及び覆土不足が認められたが、堆肥を施用した区では、いずれの試験区においても逸失及び覆土不足は発生しなかった(表2)。

苗立率は施用時期及び播種深度の影響は認められず、いずれの区も80%以上の安定した値であった。乾物収量は施用時期($p < 0.05$)及び播種深度($p < 0.01$)の影響は認められたが、これらの交互作用は認められず、いずれの時期に堆肥を施用しても、播種深度が深い区の収量が良

好であった(表3)。また、堆肥施用区は、対照区よりも良好な収量が得られ、特に、堆肥を播種後に施用した区の収量は、他区と比べて高い傾向を示した(表3)。雑草被度は、対照区は70%以上雑草が覆っていたが、堆肥施用区は20%程度であった(表4)。

考察

堆肥施用区においては、覆土不足や逸失といった不正確な播種は発生せず、不耕起栽培における堆肥施用は作業性に影響がないことが明らかとなった。一方、対照区で播種深度の浅い区は覆土不足及び逸失が発生したが、堆肥を散布することでその発生が抑えられた。魚住⁵⁾はコータ切削型の播種機を用いた場合、乾燥した粘土質の土壌では硬過ぎて播種溝がつぶれにくいことを指摘している。今回も対照区では同様の原因で、不正確な播種が発生したが、堆肥を散布することで表層の土壌硬度が低下し、覆土不足や逸失を防いだ可能性が考えられた。また播種後区では、播種後に堆肥を施用することで、種の地表面への露出が生じなかった。

トウモロコシは分げつ性が低く、欠株の発生

表3 苗立率及び乾物収量

	対照区		播種3日前		播種前		播種後		分散分析		
	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い	施用 時期	播種 深度	交互 作用
苗立率 (%)	88	97	96	89	90	95	86	80	ns	ns	ns
乾物収量 (kg/10a)	619	927	860	965	865	1061	1148	1325	**	*	ns

* : p<0.05 ** : p<0.01 ns : 有意差なし

表4 各区における雑草被度

	対照区		播種3日前		播種前		播種後	
	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い	浅い	深い
雑草被度 (%)	74	70	20	12	4	12	16	24

に応じて減収する。そのため、高い収量を得るには安定した苗立率を確保することが重要となる。本試験では苗立率への堆肥施用の影響は認められず、いずれの区も安定した苗立率が得られた。さらに今回設定した堆肥施用区の苗立率および乾物収量は、対照区に比べ同等もしくは良好な結果であった。山形ら⁹⁾は耕起後の堆肥施用は、耕起前施用により堆肥を土壤に混合する慣行法と比較して、硝酸態窒素が土壤 0~10cm 層及び 10~20cm 層で高い値を示すが、より深い 20~30cm 層では慣行法のほうが高いことを示している。不耕起栽培では耕起栽培と比較して表層での根量が増加する、特に辻ら¹⁰⁾は深さ 10cm までの根長密度増加が見られたことを報告している。そのため本試験において堆肥を施用した区は、十分に養分吸収が可能であったと考えられる。一方で、横石ら¹¹⁾は播種前の堆肥施用 (5t/10a) における不耕起栽培で、苗立率の向上が見られたものの収量が低下することを示し、施用量が今後の課題であることを報告している。また山形ら⁹⁾は、6t/10a の耕起後施用では堆肥をすき込む深さが浅く、有機物の分解速度が速いために、幼穂形成期以降の窒素供給が不十分となる可能性を報告するとともに、同時に 13t/10a で生育が劣らなかつた事例を紹介し、この理由として、有機物が分解されず残存し幼穂形成期以降も窒素を供給したこと

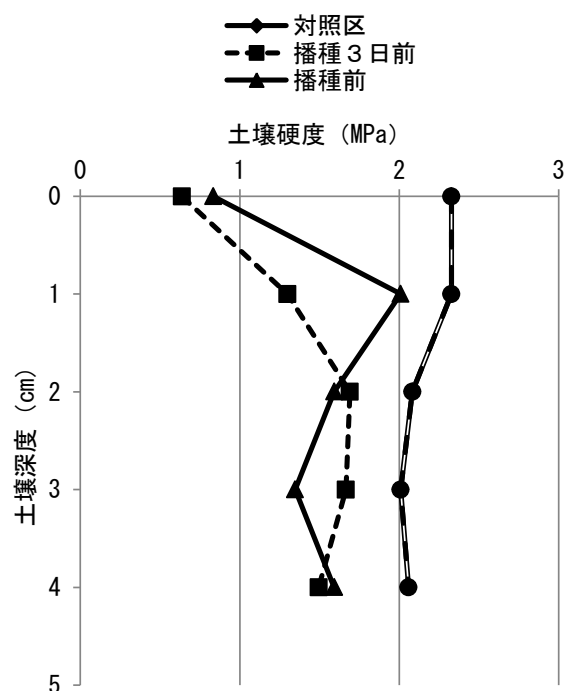


図2 播種時の土壤硬度

を挙げている。本試験においても、堆肥の散布量は多く、分解されずに残存したことにより、より良好な収量を得た可能性が考えられる。しかし、堆肥の多量施用は環境汚染の問題も引き起こす可能性があるため、その施用量については検討が必要である。加えて堆肥の表層施肥には降雨による流亡の問題が指摘されている¹²⁾。本試験では土壤の窒素状態やその流亡については調査していないため、今後調査する必要がある

る。

播種深度は苗立率及び乾物収量ともに、施用時期との交互作用は認められなかった。播種深度と施用時期との関連は低く、播種深度は施用時期にかかわらず、やや深めの5~7cmが有効であることが示唆された。本試験の播種前後は降雨がなく、土壌は乾燥した状態であったため、播種深度が深いほうが生育に有利であった可能性も考えられた。

堆肥施用時期は特に播種後が有効である傾向にあった。堆肥の表層施用は乾燥土壌における水分保持能力があることが報告されており¹³⁾、本試験においても土壌含水率は堆肥を施用した区が対照区と比べて、高い傾向を示している。特に、播種後区は高い土壌含水率を示していた。播種後区が播種溝形成、播種、鎮圧した後に堆肥を施用しているのに対し、播種3日前及び播種前区は堆肥を散布した後に播種溝を形成しているため、種子周りの土壌水分の蒸散が大きく、収量が劣った可能性が考えられた。本試験は乾燥状態における結果であり、今後は異なる気象及び土壌条件での調査により、堆肥施用の適期をより詳細に調査する必要がある。

本試験では堆肥を表層施用することで、雑草の被度が減少する傾向が見られた。耕起栽培では耕起作業により播種時の雑草を処理することができる一方で、不耕起栽培では播種時に雑草が発生している場合も多く、除草剤により対応をする必要があり、その体系について検討されている²⁾。しかし、除草剤処理後残った雑草が、繁茂する場合もあり、本試験においても、対照区では雑草自体は小さいものの、70%の雑草被度となった。一方で堆肥を散布した場合、その発生は少なく、雑草抑制効果が認められ、雑草対策としても有効である可能性が示唆された。

以上のことから、不耕起栽培における堆肥施用は播種の作業性や苗立率、収量に影響を与えず、その施用は可能であることが示唆された。また施用時期にかかわらず、播種深度が深いほうが生育は良好である可能性が考えられた。し

かし、表層施用による流亡の影響や、有効な施用時期の特定にはより詳細なデータの蓄積が必要である。

参考文献

- 1) 福井弘之、武内徹郎：二期作トウモロコシ栽培試験 二作目の播種時期と品種の検討、徳島畜研報、12、53-56、2013
- 2) 加藤直樹：九州における飼料用トウモロコシ不耕起栽培技術の紹介、日草誌、57、3、172-175、2011
- 3) 橘保宏、川出哲生：不耕起対応トウモロコシ播種機の開発、畜産の情報、2、11-16、2014
- 4) 高脇美南、白坂伸二：飼料用トウモロコシ二期作体系における不耕起播種栽培方法の評価、愛媛畜研セ報、3、17-22、2015
- 5) 魚住順：不耕起栽培の概略と東北地域への導入適性、日草誌、57、3、156-161、2011
- 6) 平久保友美、魚住順、川畑茂樹、雑賀優、佐野宏明：東北地域北部における連続不耕起栽培が飼料用トウモロコシの収量に与える影響、日草誌、57、2、73-79、2011
- 7) 福井弘之、武内徹郎：不耕起対応トウモロコシ播種機を用いた栽培試験 イタリアンライグラス跡不耕起栽培【第1報】、徳島畜研報、12、50-52、2013
- 8) 西村愛子、浅井元朗：農耕地における雑草植生の種組成と量的構造評価のための簡易植生調査法、雑草研究、58、2、52-59、2013
- 9) 山形広輔、尾張利行、佐藤直人：飼料用とうもろこし栽培における耕起作業前後の堆肥施用効果、岩手農研セ報、14、47-54、2015
- 10) 辻博之、山本泰由、松尾和之、白木一英：火山性土壌畑におけるラッカセイ、トウモロコシ、ダイズの値系に及ぼす不耕起栽培の影響、根の研究、11、2、43-49、2002
- 11) 横石和也、白田英樹：不耕起対応トウモロコシ播種機を用いた栽培試験 イタリアンライグラス跡およびトウモロコシ跡における不耕起栽培【第二報】、徳島畜研報、13、42-45

- 12) 小林良次、館野宏司、佐藤健次、服部育男：
イタリアンライグラスと部分耕トウモロコシ 2
期作を組み合わせた年 3 作体系において年間分
の堆肥を一括施用する場合の適切な施肥体系、
日草誌、53、2、114-121、2007
- 13) 平野繁、田辺猛：堆肥施与方法和トウモロコ
シの生育—堆肥地表面施与による土壤水分保持
効果—、日作紀、68(別)、1、138-139、1999
- 14) 森田総一郎、佐藤節郎、菅野勉：飼料用トウ
モロコシの不耕起栽培における雑草消長と除草
剤使用法の検討、日草誌、59(別)、81、2013