

トウモロコシの施肥栽培法による収量と品質

田尻 尚士

(近畿大学農学部食品栄養学科 管理栄養士専攻食品加工学研究室)

The effect yield and quality of corn grain (sweet corn) on the differ manuring cultivation method

Takashi TAJIRI

*Laboratory of Food Process, Department of Food and Nutrition, Faculty of Agriculture,
Kinki University*

(Kinki University student for a registered dietitian's license)

Synopsis

In recent years, pricate cultivation of corn grain is becoming more popular. Presumably, this trend is attributable to the advent of breeds with abundant yields in the first generation.

This Report describes a comparison between the cultivation of corn grain without agricultural chemicals and dertilizers and that with matured organic compost and chemosynthetic manur in terms of growth, differentiation and the contents of major ingredients.

(1) The growth of each plant with stems and leaves tended to be fast and extensive in fertile soil with manurs and slow and deteriorated in infertrile soil without manurs.

(2) Reproductive growth reflected in the formation of relevant organs appeared to be inversely proportional to the general growth; the differentiation and maturity of organs were faster without manurs than with manurs.

(3) Generally, the bearing and enlargement of corns were effective and sufficient with manurs, while the enlargement of corns was insufficient and the differentiation and maturity of organs were sufficient without manurs.

(4) There was a tendency of the yield to depend on the amount of nitrogen. Apparently cultivation with manurs containing more nitrogen promoted the growth and differentiation of stems andleaves, and slightly retarded the formation of organs. Each corn, however, grew larger and the yield has increased.

(5) Corns cultivated in fertile soil with manurs tended to contain more moisture and less whole sugar, lacking hardness and sweetness. On the other hand, corns cultivated without manurs were found to be less watery, harder and very sweet, although they were a little smaller.

(A Kyoto Reimei Church-commissioned study by the Society for Research on Cultivation without Manurs and Agricultural Chemicals)

近年、トウモロコシを自家栽培する家庭が増加傾向にあり、これらは一代雑種で病害虫に強く、多収穫品種が現出した結果であるが、一方では、少しでも安全な食材を求める傾向の現状下にも影響されたためであろう。本報告はこれらのことにも鑑み、無農薬・無施肥栽培と有機栽培（有機コンポスト）及び化学合成肥料施肥栽培下でのトウモロコシの生長と分化及び収量と主要栄養成分含量を比較検討した。

実験材料と方法

1. 実験材料と栽培管理

1) 栽培用地

兵庫県加東郡東条町岡本殿垣1269番地（休耕地水田＝540m²）：1995/11～1997/2月休耕地水田、1997年3月以降3等分下で無施肥栽培区・有機施肥栽培区・化学合成施肥栽培区に分離して営農規模栽培実験圃場として現在に至る。

2004年4月中旬にトラクターで耕耘・畝立（畝幅60cm×畝高20cm）とした。

2) 施肥栽培比較区

1栽培区160m²とし、植え付け本数は各々1200本（7500/10a）本とした。

(a) 無施肥栽培区（以下N区）

(b) 有機肥料施肥栽培区（以下Y区）：ゆうき百倍（サングリーン社製＝N-2.5、P-1.8、K-1.0%）＝施肥量は1.0t/10aとし、耕耘時に1/2を撒肥機でトラクターで付設撒布施肥した。

(c) 化学合成肥料栽培区（以下C区）：畑作合成（多木肥料社製＝N-18、P-20、K-20%）＝施肥量は60kg/10aとし、耕耘時に1/2を撒肥機でトラクターで付設撒布施肥した。

植え付けは、株間30cmとし、耕耘施肥後15日の5月中旬に1穴に2粒を直播し、本葉3～4葉となった時点で間引剪定して1本とし、施肥は播種時に畝中央にトラクターでW20×D20cmの溝を掘り元肥の残部1/2を施肥した後に覆土して埋め立てた。

3) 栽培品種

新品種で病害虫に強い「豪作」＝単交配一代雑種：国華園社製）を用いた。

トウモロコシは他家受精するために種子を購入し、株間をやや狭めて直播きした。

4) 栽培管理作業

中耕・土寄せ・除草等の一連の管理作業は、播種後から収穫までにこれら総合操作処理は一連の管理作業で5回実施した。1回目は間引き時に実施し、浅く全面を中耕・除草し、株を垂直に立て直し倒伏を防ぐために丁寧且つ強く土寄せ処理を行い、追肥は残部1/2を施肥した。2度目の作業は雄穂分化期に行い再度土寄せを丁寧に行い、追肥残量全てを施肥した。

5) 害虫駆除

主としてアワノメイガで幼穂に食い込み雄穂を食害するため、防除網を栽培田全面に覆い被せて（三菱油化製0.5mm×0.5mm穴、2mW×50mL）対応し、薬剤駆除は行わなかった。

6) 病害駆除

殆ど発生せず全栽培期間中は比較的晴天に恵まれたため殆ど発病せず、栽培終期で黒穂病がC区で極く僅かに発生したが、発生時点で切り取り削除した。

7) 収穫

穂粒（スイートコーン）表面がロウ状とり、表面に白粉が現出・着生し、絹糸抽出してから20日前後の包葉が黄色化した時点を収穫適期とした。

8) 収穫後の貯蔵

収穫直後（1時間以内）に菜庫（クボタ社製CB1300B型）保冷庫内で4±1℃で3日間貯蔵して水分28～30%とした後に子実穂を筵上にならべ、7日間天日乾燥して水分17～20%とした。

結果と考察

1. 栽培と管理

(1) トウモロコシの茎葉生育状況

2004年は栽培時の天候が比較的良好で、各栽培区間ともに全般的に栽培管理及び生長は順調であったが、各栽培区間（施肥の有無と施肥材区分）での生長及び生育並びに器官の分化等に種々の差が現出した。

直播時の発芽率は、播種後7～10日で95%前後と良好な結果を呈し、優良な種子であることが認められた。

なお、膝高期より発生する分蘖は主幹の養分を奪い、以後の生長の妨げとなるために発生の都度に切断除去した。これらの様相はTable-1に示した。

生育期の施肥栽培法による格差は、追熟期に至ると若干生育差が現出し、N区が最も早く糊熟・完熟状況を呈し、5日前後遅れてC区、更に6日前後遅れてY区が糊熟・完熟する様相を呈し、施肥による肥沃土壌栽培下では概ね10日前後生育が無施肥栽培に比して遅延されることが示唆された。

器官の分化としての穂の分化生育では、さほど顕著に大差を生じることなく、茎葉枚数が4～7枚となった頃に茎の頂点に雄穂が分化・着生する様相が見られ、約10日間前後で各栽培区ともに雌穂が着生・分化し始め、やがて雄穂が顕著に現出し、雌穂の絹糸が抽出して生長・受精し、ついで幼粒が発達、雄穂現出は播種後80～87日前後となった。一方、茎の各節の葉腋に腋芽が形成された頃から雌穂が活発に発達するが、腋芽の生長・肥大性はY>C>Nの順に活発となる様相を呈し、生長・肥大格差が認められ、以後の生長にもこの傾向は維持された。

茎葉の生長及び器官の生育分化状況は、施肥栽培法による肥沃土壌下では、播種後の生長が極めて順調にして活発で、一方、各器官の分化が僅かに遅延される様相と成った。

無施肥下では発芽後の全般的生長が施肥栽培に比して僅かに緩慢となるが、各器官の生育・分化は若干敏速となることが認められた。

この結果から、トウモロコシ茎葉個体の全般的な生長と各器官の生育・分化速度が施肥の有無によって異なることが認められた。

Table-1 The differ manuring cultivation method and on the state of things growth condition of corns.

() : after seeding days

Seeding day : First of May.
Germination : Middle of May. (10~13 days)
Knee-quantity stage : Last of June. (50 days order)
Male making stage : First of July. (55~60 days)
Female flower making stage : Middle of July. (65~70 days)
Male headong time : First of Aug. (80~85 days)
Silk abstraction stage : Middle of Aug. (90~95 days = Blooming season)
Milk-ripe stage : Last of Aug. (110 days order)
Dough-ripe stage : Middle of Seo. (120~125 days)
Full-ripe stage : Middle of Sep. (130 days after)

(2) トウモロコシの子実の生長状況

栽培時における子実の生育・肥大状況は、施肥栽培法により顕著な差が認められ、N区に比して施肥栽培区のY・C区ともに収穫時で比較すれば、子実の生育・肥大性はY>C>Nの順に優れ、終

局的には収穫量の格差も同様に生起する結果となった。これらの様相はTable-1と2に示した。

とくに、子実の乾物量で比較すれば一般的に多用される化学合成肥料施肥栽培区のC区を基準に比較すれば、Y区+9.7%、N区-18.1%と顕著な

差を呈し、トウモロコシの栽培では施肥栽培、とくに窒素施肥量が多くなればより一層多収穫となる傾向が示唆された。

子実の肥大生長格差は、一般的に施肥栽培区でN区に比してY区で+10%、C区で+8%前後となり、施肥栽培区が有利である結果となった。

開花・結実状況は、穂軸は長い円筒形で(L 22cm×φ6.5cm)で縦に8~20列・1列50~70個の小穂(雌花、子実)が着生、雌穂の包葉先端から絹糸が出始め(開花)下位の雌花から順次上位雌花へと移行して数日で開花、この結果より上位

雌花が小さくなり、同時に不稔となるものが一部に認められ、この傾向はN>C>Yの順に顕著となった。

子実の生長肥大状況は、長さ、幅、乾物量は開花後の20~25日前後迄は全栽培区で平行増加したが、それ以後はY>C>Nの順に増加性に差を生じた。

乾物量の増加はデンプンの増加に由来することから、含有成分(デンプン蓄積量)に顕著な差を有する結果(Table-5参照)となった。

Table-2 The effect of state thing growth condition on the differ manuring cultivation method of corn-grain (n=15)

M-C	Width grain mm	Length-grain mm	thickness-grain mm	Dry-provisions 100 granular : g
N	12.4	10.8	7.2	16.7
Y	13.2 (+6.4)	12.4 (+14.8)	8.2 (+13.8)	20.4 (+22.1)
C	12.7 (+2.4)	11.3 (+4.6)	7.8 (+8.3)	18.6 (+11.3)

() : N-manuring section to standardize 100%

M-C : Manuring cultivation method

N : Non-manuring section

Y : yuuki hyakubai-manuring section

C : Chemical combination manure-manuring section

(3) トウモロコシ子実の追熟状況

(硬度と水分含量)

一般的な子実の追熟状況は、絹糸発生から受精・結実を経て子実が肥大生長し最大となり、子実粒の表面がロウ状を呈し、表面に白粉が着生し、次いで硬化・包葉が黄化した時点が収穫適期の成熟期(完熟期)である。

子実の追熟性は、受精20~25日後の子実を指で圧すると乳状粘液を生じる乳熟期(穂粒水分:75~77%)から10日前後を経て子実がチーズ状に硬化し始め(穂粒水分:70~73%)る糊熟期、更に10~13日を経て穂粒の水分が58~60%となり子実が充実し始めた黄熟期を経て、10日前後のちに穂粒水分が50%前後となった時点が成熟期となる。

施肥栽培区では概ね上記の状況で追熟して収穫適期を迎えるが、無施肥栽培のN区では5~10日

前後と若干追熟期が早まる傾向を呈し、発芽後の一般的な生長(茎葉)や器官分化による子実形成と異なり、子実の追熟性は敏速となり、追熟速度はN>C>Yの順に速くなった。

一般的な生長性と同様に栽培土壌の肥沃性がトウモロコシ子実の生長と追熟性に大きく関与し、肥沃土では生長性が大きく且つ活発となり、やや器官分化などの生育性及び熟成期が遅延される傾向が認められた。

N区とC区では絹糸抽出20日前後の収穫適期時では、子実穂粒の硬度・水分には大差は無く、一方、Y区との比較では僅かに水分が多く、結果として硬度が若干低下する様相を呈したが、肉眼及び手触り感では差を感じることはなかった。これらの結果はTable-3に示した。

Table-3 The effect of quality-variation and yield on the differ manuring cultivation method of corn-grain (n = 15)

M-C	F-y (kg/10a)	Days after of silk abstract				
		quality	10	15	18	20 (THS)
N	1088.4 (Base)	Hd : kg M : %	0.7 88.2	1.1 81.1	1.5 74.3	1.6 70.1
Y	1428.5 (+31.2)	Hd : kg M : %	0.8 88.9	1.1 82.4	1.4 75.3	1.5 (-0.6) 72.1 (+2.0)
C	1223.4 (+12.4)	Hd : kg M : %	0.9 87.7	1.2 80.5	1.6 72.2	1.6 (±0) 69.7 (-0.05)

() : N-manuring section to standardize 100%

THS : Time of Harvestin Suit

Hd : Fresh-harvesting

M : Moisture

(Refer of Table-2)

(4) トウモロコシの穂の生長と収量

茎の各節から雌穂が発達し、引き続き雌穂が分化して基部より腋芽が発生するが、下部が大きく上部に至るにつれ小さくなり、枝梗の分化が始まると腋芽の上下の大小が逆転し、この時期に包葉と穂軸が分化し、次いで雌穂が分化した。この時点までの施肥栽培法による差はC・N両区では生長・分化においての格差は認められないが、Y区では腋芽の発生が僅かに遅延される(5日前後)様相を呈した。これらの結果はTable-4に示した。

雄穂の抽出後7~10日前後で雌穂の絹糸が現出し、全穂の絹糸現出には7日前後を要し、現出3日前後が最も盛んとなり、N区次いで1~2日遅れてC区となり、Y区は最盛現出時期が3~4日遅延した。

全区とも絹糸の生長状況は子実の熟成度と同傾向となるが、N>C>Yの順に大となり、子房の先端から柱頭が伸びて穂軸は長い円筒形となった。一方、穂の形成状況は全栽培区で差は無く円筒形の穂軸表面に長く縦に15~25列、1列50~65個の小穂(雌花子実)が全区で着生した。

雌穂を包む葉鞘の先端から絹糸が現出し始めた時を開花としたが、開花時期はN>C>Yの順となり、その差は各々3~5日前後であった

これらの結果から、肥沃な施肥栽培区では穂の熟成と開花は無施肥の痩せ地に比して遅延されることが示唆されたが、生長・生育性は顕著に肥沃地の施肥区が優位であることが認められた。

Table-4 The effect of head growth state on the differ manuring cultivation method of corn-head (n = 15)

M-C	1-head weight (g)	Fresh-yield (kg/10a)	1 piece mean head number
N	425.7	1088.4	2.1
Y	557.4 (+30.9)	1428.5 (+13.1)	2.8 (+33.3)
C	477.5 (+12.1)	1223.4 (+12.4)	2.4 (+14.2)

(7500 piece/10a) (Refer to Table 2)

(5) トウモロコシ子実の含有成分

子実の成熟に伴う含有成分の変化は、絹糸現出後20日以後で、子実（スイートコーン）の価値は食味であり、食味は糖分とデンプンの割合や水分含量及び子実粒と皮の硬さで決定される。絹糸が褐色になる前に収穫することが重要で、包葉が黄変し始めた頃である。

収穫直後の（実取）生鮮子実（スイートコーン）の含有成分をTable-5に示した。

なお、生育過程におけるデンプン及び全糖の含有成分の蓄積状況をTable-6に示した。

収穫直後のスイートコーンの主要な含有成分総量は、総合的にY>C>Nの順に多含し、とくに、

顕著にY区がN区に比して勝り、C区はほぼ中間的様相を呈した。全糖・タンパク質・脂肪及び灰分は含有率では大差であるが含有量では差ほど差はなく、呈味性に最も大きく関与する全糖含量も含有量自体に顕著な差が無く、この結果、子実の大きさや収量に影響する乾物量はデンプン含量に左右されることが示唆された。

一方、子実の色調は、外観品質としての黄色性はVCやカロチン含量に影響されるが、N区はやや両成分含量が劣り僅かに黄色味に欠ける様相を呈し、Y・C両区は黄色味に富み、含有量も顕著に勝る格差を有した。

Table-5 The effect of ingredient content on the differ manuring cultivation method of

corn-grain		(n = 15/ possi-eat % : 100g/ appear silk = after 20 days)		
I-c	MC-S	N	Y	C
Starch	g	14.7	16.8 (+ 14.2)	15.4 (+ 4.7)
All-sugar	g	8.3	8.7 (+ 4.8)	8.4 (+ 1.2)
Proteins	g	3.1	3.9 (+ 25.8)	3.6 (+ 16.1)
Fat	g	1.4	2.1 (+ 50.1)	1.8 (+ 28.5)
Ash	g	48.7	54.4 (+ 11.7)	50.8 (+ 4.3)
Vitamin C	mg	7.5	8.7 (+ 16.1)	8.1 (+ 8.0)
Carotene	ng	46.7	53.5 (+ 14.5)	53.2 (+ 13.9)

I-c : ingredient content MC-S : manuring cultivation section

starch · all-sugar = calculation recoupment

() : N-manuring section to standardize 100%

(Refer to Table-2)

Table-6 The effect of contents starch and all-sugar on the differ manuring cultivation method of

corn-grain		(n = 15/ possi-eat% : 100 g)					
MC-S		after appear silk of days					
		10	13	15	18	20	25
N	S	0.8	0.9	1.4	5.7	14.7	14.6
	As	5.7	6.9	7.1	7.7	8.3	7.3
Y	S	0.8	2.2	2.7	8.4	16.8	16.9
	As	7.3	7.4	7.7	8.5	8.7	7.5
C	S	0.8	2.2	1.7	6.6	15.4	15.2
	As	6.2	7.1	7.3	8.2	8.4	7.3

S : starch As : all-sugar

(Refer to Table-2)

デンプンの形成蓄積状況は、絹糸現出後の18日までは微量であるが、18～20日に渡って驚異的に増加する様相を呈し、増加様相は全栽培区とも類似するが増加量は施肥栽培法により顕著に格差を有し、 $C > Y > N$ の順に形成蓄積量は大となり、18日から20日に至る3日間の形成蓄積量率を、18日を基準に比較すれば各々 $Y = 100\%$ 、 $C = 133.3\%$ 、 $N = 57.8\%$ となり、肥沃栽培下では形成蓄積量は大となった。一方、形成率は痩せ地の無施肥栽培区よりも低下する傾向となり、 $N > C > Y$ の順に3日間の形成率が高くなることが認められた。

全栽培区で絹糸現出25日後よりデンプン・全糖形成度は低下し、蓄積性が消失して含有量が低下することが確認されたことから、収穫適期は5日前後ときわめて短日間であることが把握された。この様相は Table-6 に示した。

全糖の形成・蓄積傾向もほぼデンプンと同様相を呈したが、収穫適期時と5日後では全糖の蓄積含量は顕著に低下することが認められた。

ることが示唆された。

5. 施肥栽培の肥沃土壌では、スイートコーンは水分含量が高く、全糖含量比率が低く、硬度と甘味性に欠けることが示唆された。

(本研究は京都市の黎明教会より委託されたものである。NPO無施肥無農薬栽培調査研究対象)

ま と め

1. トウモロコシ茎葉個体の生長性は、施肥栽培での肥沃土壌下では大となり、無施肥栽培の痩せ地下では伸長・生長性が劣化した。
2. 器官の生育分化性は、生長性と逆比例して施肥栽培に比して無施肥栽培下で器官の分化や成熟性が敏速となった。
3. 子実の着生・肥大生長は、施肥栽培下では有効且つ大であるが、無施肥栽培では劣化するが、器官の分化性と追熟性に富むことが認められた。
4. 施肥栽培法下での収量への影響度は、窒素成分の多少に依存する傾向が認められ、窒素多肥下では、茎葉の生長・生育が活発となり、器官の分化や形成は遅延されるが、製品スイートコーン自体は大型化され・多収穫とな