

トウモロコシにおける1次根の直径と2次根の形成

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	山崎, 耕宇 帰山, 長憲
巻/号	52巻1号
掲載ページ	p. 59-64
発行年月	1983年3月

トウモロコシにおける 1 次根の直径と 2 次根の形成*

山 崎 耕 宇・梶 山 長 憲

(東京大学農学部)

昭和 57 年 7 月 30 日受理

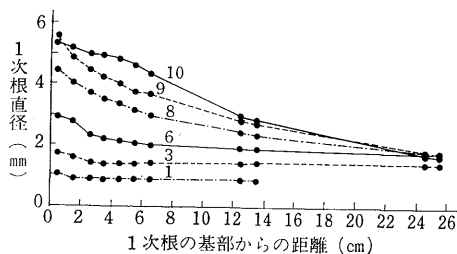
前報⁷⁾において著者らはトウモロコシの 1 次根 (種子根および冠根) の数, 基部直径および伸長方向を観察し, それら諸形質が水稻の場合と著しく異なっていることを示した. いうまでもなく, イネ科作物の根系は, 1 次根および多様に枝分かれした分枝根より構成されており, 根系はこれら 1 次根および分枝根の総体として把握されねばならない. しかし, 従来トウモロコシの分枝根に着目した研究は極めて限られたものがあるに過ぎない⁸⁾. そこで本研究においては, 1 個体の 1 次根の直径の変動を観察するとともに, これと関連づけながらそこに形成される 2 次根の形態的諸様相の観察を行なった.

観察材料および方法

観察に供した材料は前報⁷⁾と同様であり, その栽培などの概要は以下のようなものであった. すなわち, 交 1 号およびゴールドクロスバンタムの 2 品種を東京大学農学部圃場の畑地において, 標準施肥によって栽培し, 登熟期に根系を掘取った. なお, 交 1 号の場合には露地の自然条件下で栽培し, ゴールドクロスバンタムの場合には, 土壤水分条件に関して, i) ビニールハウス内に播種し, 播種期以外は水を与えなかったもの (無灌水区), ii) ビニールハウス内で適時灌水したもの (灌水区), および iii) 露地で十分の灌水を行なったもの (湿潤区) の 3 処理区を設けて栽培を行なった.

株基部を中心として直径約 60 cm, 深さ約 30 cm の土塊とともに掘取った根系は, 水洗後 FAA で固定した. ついで 2 品種のそれぞれ 4 ないし 5 個体を対象として, 各個体の所定の“要素”の 1 次根のうち, 平均的に伸長したと考えられる 3 本を選び出し, 以下の諸形質を測定した.

まず, 各 1 次根の基部から先端に向かって, 7 cm までの部分および 12~14 cm の部分, また, 交 1 号の場合には, さらに 24~26 cm の部分において, 根軸 1 cm ごとに, 1 次根の直径および 2 次根の密度を実



第 1 図 “要素” 別にみた根軸方向の 1 次根直径の推移 (1).

品種: 交 1 号. 1~10: “要素” 番号.

体顕微鏡下で測定した. ここでいう 2 次根の密度とは 1 次根の根軸 1 cm 当たりの 2 次根の数を示すものとする.

つぎに, 同じく実体顕微鏡を用いて 2 次根の基部直径を測定した. この場合には, 各 1 次根の基部から所定の距離にある部位を基準にとり, この部位から先端方向に存在する 5 本の 2 次根を対象として基部の直径を測定し, 5 本の平均値をもって所定の 1 次根部位における 2 次根の基部直径とした.

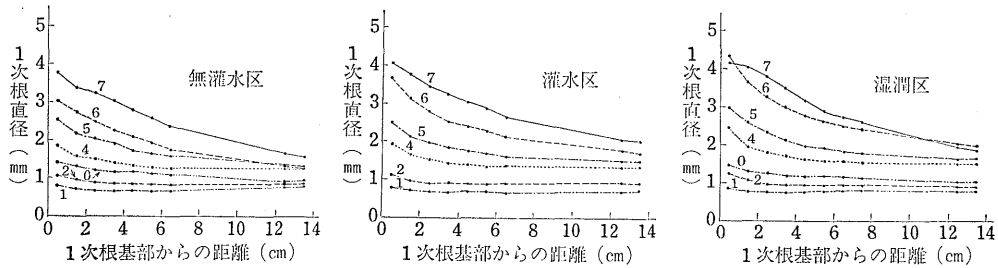
以上の測定は, 交 1 号の第 1, 3, 6, 8, 9 および 10 “要素” の 1 次根について, また, ゴールドクロスバンタムの第 1~7 “要素” の 1 次根について行なったが, 一部の点については, 種子根 (数本の種子根中, 幼根の発育したと考えられるもの) をも観察対象とした.

観 察 結 果

1. 1 次根の直径

前報⁷⁾で明らかにしたように 1 次根の基部近傍の直径は, 低位“要素”から高位“要素”に向かうに従って増加し, 最高位出根“要素”またはその 1 つ下の“要素”において最大に達する. 各“要素”の 1 次根の根軸に沿っての直径の変化をみると (第 1, 第 2 図), いずれの品種についても, また栽培条件の如何にかかわらず, 大きな基部直径をもつ高位“要素”の 1 次根は, 根端方向への直径の減少が著しかった. これに対して, 相対的に基部直径の小さな低位“要素”の 1 次根の直径は, 基部 20 cm 以内でわずかに減少

* 大要は第 172 回講演会 (昭和 56 年 10 月) において発表



第2図 “要素” 別にみた根軸方向の1次根直径の推移 (2).

品種：ゴールデンクロスパンタム。0：種子根（灌水区では観察しなかった）。

1～7：“要素” 番号。第3“要素” は省略した。

するほかは、根端に向かってほとんど変化することはない、逆に増加する場合もあった。なお、根端に向かって1次根直径が増加する現象は、高位の“要素” 根においても基部から著しく隔たった部位において、またまれに支柱根が土壤に貫入する部位近傍において観察された。

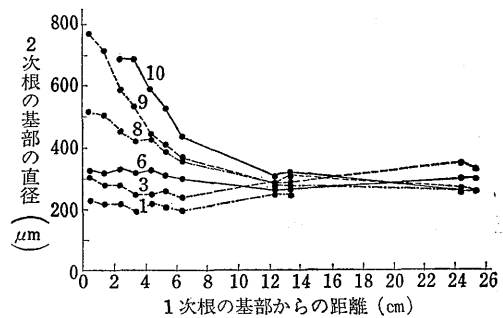
交1号では、基部から25 cm の部位でほとんどの“要素” の1次根はほぼ同一の直径（約2 mm）に達した。ゴールデンクロスパンタムでは25 cm の部位までは観察しなかったが、13 cm の部位までは交1号とはほぼ同様の1次根直径の推移が認められた。ただし、ゴールデンクロスパンタムは交1号と比較して、出根“要素” 数が少なく、1次根の直径も小であった。とくに、この傾向は、処理区別にみた場合、無灌水区で著しかった。なお、無灌水区および湿潤区で観察した種子根の直径は、第1および第2“要素” の1次根のそれより大であった。

2. 2次根の基部の直径

1次根の基部寄りの部分、すなわち茎に近い部分から出現する2次根の基部直径は、高位“要素” ほど大となり、とくに支柱根の土壤への貫入部位近傍で著しく大となる（第3図。第9、第10“要素”）。しかし、これら高位“要素” の1次根から出現する2次根の基部直径は、1次根の根端に向かって急激に小となり、1次根基部から約15 cm の部位に至ると、低位“要素” の1次根の同部位から出現する2次根の基部直径とはほぼ同一の値を示すようになった。

これに対して、低位“要素” の1次根から出現する2次根の基部直径は、1次根の根軸上の部位の如何にかかわらずほぼ一定の値を示し、1次根の根端寄りの部分から出現する2次根の基部直径の方が大きな値を示す場合もあった。

以上のような2次根の基部直径の変動の様相は、2品種に共通に認められたものであるが（第3、第4図）。



第3図 “要素” 別にみた1次根軸方向の2次根直径の推移 (1).

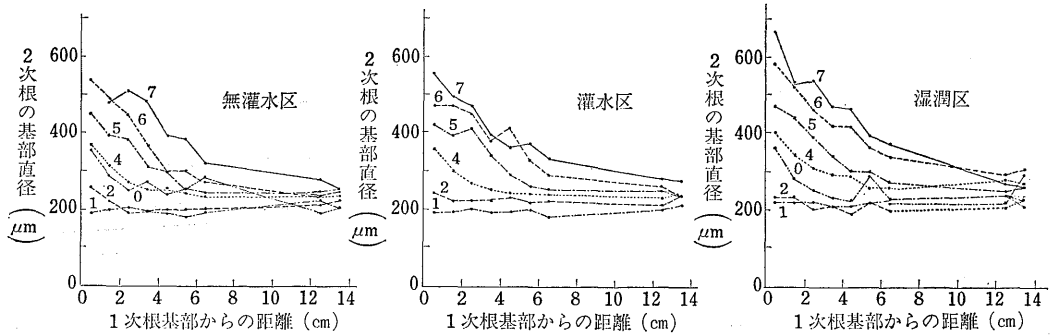
品種：交1号。1～10：“要素” 番号。比較の便宜上折れ線グラフとした。第4、第9、第10図についても同様。

1次根の直径が相対的に大である交1号は、ゴールデンクロスパンタムと比較して、2次根の基部直径も大となる傾向を示した。また、処理区別にみると、ゴールデンクロスパンタムでは、とくに湿潤区で2次根の基部直径は大となった。一方、種子根から出現する2次根の基部直径は、種子根基部から数 cm までの部分では、低位“要素” 根のそれより著しく大きかった。

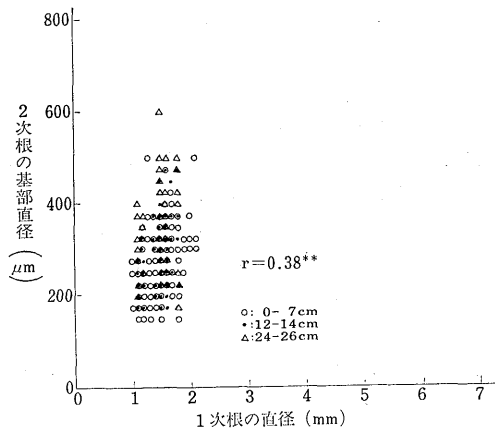
3. 1次根の直径と2次根の基部直径

以上の観察結果から、2次根の基部直径の大小は、それぞれの2次根が出現する部位の1次根直径の大小と密接に関連していることが示唆された。

しかし、両者とも平均値をもって示したものであり、個々の試料についてみると、1次根の同一部位であってもその直径は変動し、またそこから出現する2次根の基部直径にも大きな変異が認められた。そこで、交1号の第3、第8および第9“要素” を対象として、1次根の直径と、その測定部位から出根した個々の2次根の基部直径との関係について比較を試みた（第5、第6および第7図）。その結果、1次根の直径



第4図 “要素” 別にみた1次根軸方向の2次根直径の推移 (2).
 品種：ゴールドクロスパンタム. 0：種子根. 1～7：“要素” 番号.

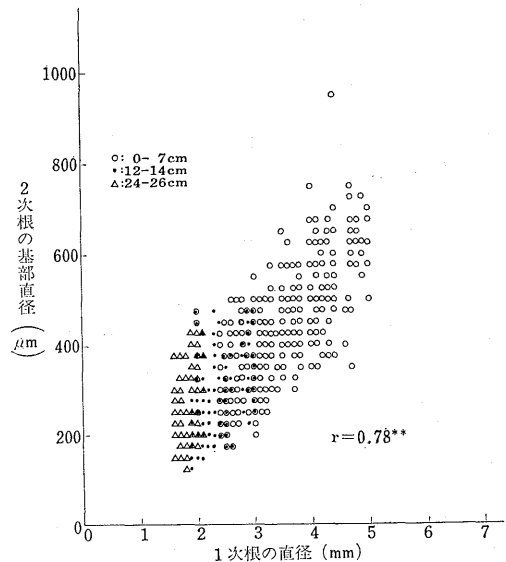


第5図 1次根の直径と2次根の基部直径との関係 (1).

交1号の第3“要素”の場合. 記号はそれぞれの観察部位を1次根基部からの距離で示したものである. 第6, 第7図も同様.

** 1% 水準で有意.

が同一であっても, そこから出根する2次根には各種の基部直径を有するものがあり, その変動は大きかった. しかし, また2次根の基部直径の大小は, ある変動幅を示しつつも, それぞれが出現する部位の1次根直径の大小に対応して推移していた. すなわち, 一般に, 1次根の直径の大きい部位から出根する2次根の基部直径は相対的に大であり, 1次根の直径の小さい部位から出根する2次根の基部直径は相対的に小であった. ただし, 比較的低位の“要素”においては, 1次根の直径の軸方向の変動が小さいために, 1次根の直径に対応した2次根の基部直径の変化は認められなかった(第5図). なお, 支柱根となる第9“要素”の1次根では, その基部寄りの部位から出根する2次根に著しく太いもののあるのが特徴的であった(第7図).



第6図 1次根の直径と2次根の基部直径との関係 (2).

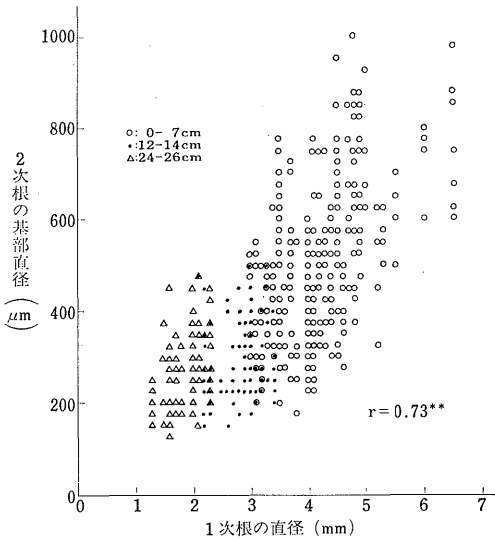
交1号の第8“要素”の場合.

** 1% 水準で有意.

4. 2次根の密度

2次根の密度は両品種とも, 高位“要素”に向かうに従って, 概して高くなる傾向が認められたが, とくに支柱根の発達する交1号では, 支柱根となる第9, 第10“要素”の1次根で, この傾向は顕著であった(第8, 第9図).

また, 1次根の根軸に沿ってみた場合, 両品種とも1次根の基部寄り1cm以内では, 2次根密度は著しく小さかった. さらに, 根端に向かって, 2次根密度は急増した後, ほぼ一定に達し, 場合によっては漸減した. ゴールドクロスパンタムの2つの処理区において観察した種子根の2次根密度は, 以上述べた各



第7図 1次根の直径と2次根の基部直径との関係(3).

交1号の第9“要素”の場合.

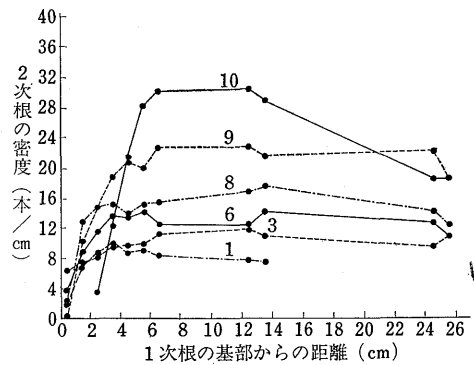
** 1%水準で有意.

“要素”の1次根とは著しく異なり、その値はいずれの区においても種子根の基部数 cm において著しく大であった。なお、2次根密度について、各処理区間の差は必ずしも明瞭ではなかった。

考 察

前報⁷⁾において著者らは、トウモロコシでは高位“要素”において、1次根数が急激に増加するとともに、その基部直径もまた著しく大なることを明らかにした。これら“要素”によって基部直径の著しく異なるトウモロコシの1次根が、出根後土壤中でいかなる生育を示すかを明らかにすることが、本研究の目的であった。トウモロコシの根系が著しく大型であること⁸⁾を考慮すれば、1次根長 20 数 cm までを取り扱った本研究の対象領域は、極めて限られた範囲を問題にしているといわざるを得ない。しかし、得られた結果は、トウモロコシ根系の発達を解明する上で、大きな示唆を与えるものと考えられる。

その第1は、基部直径の著しく異なる1次根のいずれもが、基部からの距離 25 cm の近傍においては、ほぼ同一の直径に収束してしまうということである(第1図)。10 数 cm の距離までしか観察しなかったゴールドエンクロスバンタムの場合にも、1次根直径の推移の様相から判断して、ほぼ同様の事態の起ることが推察される(第2図)。このような現象は、



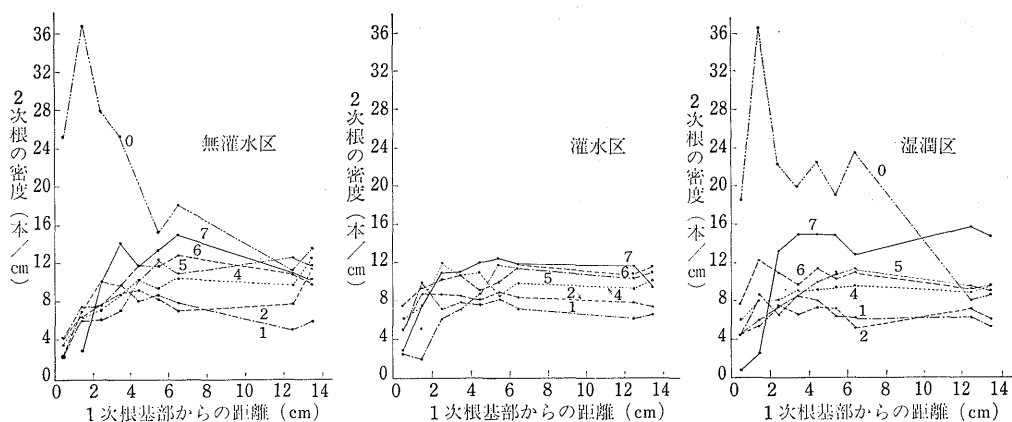
第8図 “要素”別にみた1次根軸方向の2次根密度の推移(1).

品種: 交1号. 1~10: “要素”番号.

低位“要素”の1次根の直径が根端方向にほとんど変化せずに維持されるのに対して、高位“要素”の1次根ほど直径が著しく減少することに基づくものである。この点で、基部直径の大小にかかわらず、多くの場合、根端方向に直径が漸減する傾向を示す水稻の1次根⁹⁾とは著しく異なっている。何故に基部直径の大きい1次根において、直径の減少が著しいのかについては、今後の研究にまたねばならないが、茎基部近傍の極めて限られた土壌領域内で起こるこのような1次根直径の収束現象は、トウモロコシ根系の際立った特徴として注目してよいことであろう。

第2に指摘したいことは、2次根の形成が以上述べた1次根の直径と密接に関連しているという事実である。1次根の根軸に沿ってみた2次根の基部直径の推移(第3, 第4図)が、1次根直径の推移と極めて類似した様相を示すことは、両者の関係を示唆するものといえよう。この点をさらに個別に検討した結果は、両者の相関関係を明らかにするとともに、同一の直径の1次根部位であっても、基部直径の異なる各種の2次根が出現することを示している。“細い”2次根と“太い”2次根の区別が明瞭な水稻の場合⁹⁾とは、この点でも異なっている。

さらに、2次根密度に着目してみると(第8, 第9図)、1次根の最基部において2次根密度が低いなど若干の特異な現象がみられるが、概して直径の大である1次根部位から出現する2次根の密度は高く、とくに支柱根を形成するような高位“要素”においては、この傾向は顕著であった。また、2次根密度は1次根の直径の軸方向の減少の著しい部位において比較的高いことが観察された。この点水稻の場合⁹⁾と類似の傾向を示した。なお、種子根の2次根密度は、他の1次



第9図 “要素” 別にみた1次根軸方向の2次根密度の推移(2).
 品種: ゴールデンクロスバンタム. 0: 種子根. 1~7 “要素” 番号.

根とは全く異なる根軸上の推移を示すものであった(第9図)が、ここでは事実を指摘するにとどめておく。

以上を総括してみると、トウモロコシにおいては、“高位”要素から出根する1次根は、比較的限られた領域(本研究結果では基部から25cm内外)内で急速に直径を減少し、この過程で相対的に太い2次根を多数形成するに至る。これら高位“要素”から出現する2次根は大型の地上部を支える支柱根の機能を補完するとともに、地表部に広く発達して、水稻におけるうわ根⁹⁾にも匹敵する役割を果たしているのではないだろうか。

なお、本研究で用いた2つの品種を比較してみると、以上述べた諸点は共通して認められたところであるが、個々の形質は量的に異なっていた。このような差異は交1号の地上部がゴールデンクロスバンタムと比較して著しく大型となることと対応した現象とみることができるのではないだろうか。また、水分条件を変化させた場合については、本研究の条件下では、湿润区ほど、概して観察した諸形質は大となる傾向を示した。いずれも、今後解明すべき問題点として残しておきたい。

摘 要

トウモロコシの2品種について、1次根直径、2次根の基部直径および2次根の密度を1次根の根軸に沿って観察し、以下の結果を得た。

1. 高位“要素”においては、1次根直径は基部に近い部分において著しく大であり、その根端方向への減少が著しかった。これに対して、低位“要素”で

は、1次根直径は相対的に小さく、根軸に沿ってほとんど変化することがなかった。品種交1号についてみると、いずれの“要素”の1次根も、基部から約25cmの部位ではほぼ同一の直径をもつに至った。

2. 2次根の基部直径は、2次根の出根部位で測定した1次根の直径と密接な関係を示した。しかし、1次根の同一部位であっても、そこから出現する2次根の基部直径には大きな変動が認められた。

3. 2次根の密度は高位“要素”ほど高かった。一方、1次根の根軸に沿ってみると、2次根の密度は1次根の基部近傍で急増し、それより先端部では漸減ないしは一定値を示した。

以上の結果から、トウモロコシ根系においては、高位“要素”の1次根の比較的基部に近い領域において1次根の直径が著しく減少し、相対的に太い2次根が高密度に出現する一方、低位の“要素”では、根軸方向の形態変化は比較的少ないという特徴のあることが明らかとなった。さらに、1次根の直径と2次根の形成の間には密接な関連のあることが推察された。

謝辞 本研究を遂行するに当たって種子の一部を御恵与頂いた東京大学教授角田公正博士に厚く御礼申し上げます。また、本論文を取りまとめるに際して東京大学農学部栽培研究室原田二郎博士、森田茂紀氏にお世話になった。厚く御礼申し上げます。

引用文献

1. 藤井義典 1961. 稲麦における根の生育の規則性に関する研究. 佐賀大学農学部彙報 12: 1—117.
2. 川田 信一郎・芝山 秀次郎 1966. 水稻冠根における2次根の分枝の様相. 日作紀 35: 59—70.
3. —————・副島 増夫 1974. 水稻における“う

- わ根”の形成過程，とくに生育段階に着目した場合の1例。日作紀 **43** : 354—374.
4. —————・松井重雄 1978. 水稻冠根の伸長に伴う直径の変化について。日作紀 **47** : 629—636.
 5. —————・佐々木修・山崎耕宇 1980. 水稻根における分枝の様相，とくに冠根の直径と分枝との関係について。日作紀 **49** : 103—111.
 6. WEAVER, J.E. 1926. Root development of field crops. McGraw-Hill, New-York.
 7. 山崎耕宇・帰山長憲 1982. トウモロコシ根系を構成する1次根の外部形態およびその伸長方向。日作紀 **51** : 584—590.

The Diameter of Primary Roots and the Lateral Root Formation in Corn Plants

Koou YAMAZAKI and Naganori KAERIYAMA

(Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Tokyo 113)

Summary

The changes of the diameter of the primary roots along their axes were investigated in corn plants in relation to the diameter and the density of lateral roots. The primary roots of the basal “shoot units”, are formed earlier and those of the upper “shoot units” are formed successively later in the growth of the plant.

In the basal “shoot units”, the primary root diameter was relatively small and was almost uniform in any region of the axes. Whereas in the upper “shoot units”, it was very large in the proximal regions, decreasing remarkably toward the root tips to the similar diameter as the basal “shoot units”.

Along with these changes in the diameter of the primary roots the average diameter of laterals formed on the primary roots also changed. That is, in the basal “shoot units”, the average lateral root diameter was small and was almost uniform along the primary axes. However, in the upper “shoot units”, it was large in the proximal regions of primary roots and decreased remarkably toward the root tips.

The density of laterals was higher on the primary roots of the upper than on the basal “shoot units”. Along a primary root axis toward the tip, it increased remarkably near the basal part and further was almost uniform.

Consequently, it was shown that the corn root system is composed of various kinds of primary roots, and the formation of the laterals is closely correlated with the diameter of the primary roots on which they are formed.