

## 隆安县玉米生产与地层相关性研究\*

陆菱妹

(广西植物研究所, 桂林 541006)

**摘要** 通过对隆安县玉米种植面积分布较大的13个地层进行调查, 采取地层岩石、土壤和玉米叶样, 分别分析其中31个矿物元素含量, 进行地层之间元素含量比较和玉米产量与地层岩石、土壤、玉米叶的营养元素相关性分析, 在隆安 $T_{2-3p^1}$ 、N和 $C_{1d}$ 为玉米生产优势地层;  $T_{1c}$ 、 $C_2$ 、 $D_3$ 、 $T_{1b}$ 、 $P_{1q}$ 、 $C_{1y}$ 、 $C_3$ 和 $D_{2d^2}$ 为中势地层;  $P_{1m}$ 和 $P_2$ 为劣势地层。发现玉米不但是耐氯力强, 而且可能是一种喜氯作物, 并有聚氯特点。

**关键词** 玉米; 地层; 矿物元素; 产量

## A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN CORN PRODUCTION AND STRATA IN LONGAN COUNTY

Lu Lingmei

(Guangxi Institute of Botany, Guilin 541006)

**Abstract** Upon surveying 13 main strata of corn distribution pattern in Longan County and collecting the samples of rock, soil and corn leaf in which the content of 31 mineral elements are analysed. The comparison of element contents between different strata, the analysis of the relationship between corn yield and mineral element content in rocks, soils and corn leaves are carried out. The result showed that  $T_{2-3p^1}$ , N and  $C_{1d}$  are the superior strata for corn in Longan county.  $T_{1c}$ ,  $C_2$ ,  $D_3$ ,  $T_{1b}$ ,  $P_{1q}$ ,  $C_{1y}$ ,  $C_3$  and  $D_{2d^2}$  are the medium strata;  $P_{1m}$  and  $P_2$  are the inferior ones. we found out that corn is not only a Cl-resistant plant, but also likely to be a Cl-keening plant and it has the peculiarity of accumulating Cl element.

**Key words** Corn production; stratum; mineral element

玉米是广西主要粮食作物之一, 仅次于水稻而居第二位。广西主要玉米产区分布于左右江流域及红水河流域各县。这些地区岩溶遍布, 漏水严重, 水源缺乏, 不大适宜水稻生长, 而玉米有较强的适应性, 成为当地传统的粮食作物, 也是当地人民的主粮之一。玉米在国民经济中占有重要的地位。根据地球化学元素的不均一性影响着作物的生长和产量这一核心, 对隆安县玉米生产与地层的相关性进行研究, 目的是为作好该地农作物布局调整和优化提供科学依据。

\* 本项目由苏宗明研究员主持, 还有邓庆焜、李先琨、谢义林、黄玉清参加工作。

## 1 基本情况

### 1.1 自然环境概况

隆安县属亚热带季风气候。平均温度 $21.7^{\circ}\text{C}$ ,年无霜期平均有361d,年降雨量1227—1691 mm,雨量多集中在6—8月份,常出现春秋旱和夏涝。

隆安县地形复杂,岩溶地貌分布较广,县内石山、丘陵约占全县总面积的90%,平原仅占10%左右。右江通过境内。玉米主产区土壤类型有沙页岩赤红壤、棕色石灰土、赤红壤等。

### 1.2 玉米产区分布

隆安县玉米分布较多的具体地层按出露先后排列为:泥盆系的东岗岭阶上段( $D_2d^2$ )、上统( $D_3$ );石炭系的岩关阶( $C_1y$ )、大圹阶( $C_1d$ )、中统( $C_2$ )、上统( $C_3$ );二迭的楼霞阶( $P_1q$ )、茅口阶( $P_1m$ )、上统( $P_2$ );三迭系的罗楼组( $T_1l$ )、北泗组( $T_1b$ )、平而关群下段( $T_2-sP^1$ )及第三系的上第三系( $N$ )等13个地层。

### 1.3 玉米生产情况

玉米是隆安县主要粮食作物之一。十多年来,玉米播种面积在 $0.87-1.25$ 万 $\text{hm}^2$ ,约占全县总面积的30%—41%,产量在1290—3600万kg,年均单产较低,若遇涝、旱年景产量更低。

### 1.4 玉米的生态特性

玉米和其他植物一样,它正常的生长发育需要适当的光、温度和水分之外,还需要各种营养元素来维持自己的正常生理活动。营养元素在植物体内,有的作为植物体的组成成分,有的是作为调节植物的生理机能,也有兼备两种功能的。从目前收集到的资料看,玉米正常生长发育需要的营养元素有24种。第一为六大元素氮(N)、磷(P)、钾(K)、硫(S)、钙(Ca)、镁(Mg);第二是微量元素铁(Fe)、锰(Mn)、硼(B)、铜(Cu)、锌(Zn)、钼(Mo);第三是补充元素,就是说玉米对这类元素的需要量极少,故通常称超微量元素,有铝(Al)、钴(Co)、氯(Cl)、钠(Na)、锡(Sn)、铅(Pb)、银(Ag)、硅(Si)、镍(Ni)、铬(Cr)、钡(Ba)、锶(Sr)。营养元素在玉米的生命活动中的特殊作用曾有很多研究报导,也有些至今尚未完全清楚。

## 2 调查研究方法

在广泛收集资料的基础上,采用实地调查,采样分析。在玉米分布较多的地层选择中等水平的玉米地块,按照常规方法进行测产,即测量10株的距离和10行的距离,计算株行距,求出每 $\text{hm}^2$ 株数,削下60株玉米苞称重,推算每 $\text{hm}^2$ 产量(鲜重);再根据不同地块玉米的成熟度确定折干率(一般用53%—63%),推算每 $\text{hm}^2$ 产量干重。同时在同一块内采玉米叶样(统一采叶旗以上第一张叶)作为分析样,也在同一地层采岩石样和挖土壤剖面(在非耕作地),记录剖面A、B层土壤深度、质地、结构等剖面性状及周围植被和地形等,并采剖面B层土壤为分析样品。

## 3 结果与分析

### 3.1 玉米产量高中低地层的划分

农作物产量的高低是衡量地层优劣的指标。根据对不同地层的玉米产量进行测产的结果,采用各地层玉米平均产量( $\bar{x}$ )与产量总平均值( $\bar{\bar{x}}$ )之差(即 $x-\bar{x}$ )同产量总平均值的比值( $(x-\bar{x})/\bar{\bar{x}}$ )作为优劣地层划分的指标。比值 $<-10$ 的为低产地层; $-10<$ 比值 $<10$ 为中产地层;比值 $>10$ 的为高产地层(表1)。从表1知:I(高产地层)有 $T_{2-3}p^1$ , N和 $C_{1d}$ 三个地层;II(中产地层)有 $T_{1l}$ 、 $C_2$ 、 $D_3$ 、 $T_{1b}$ 、 $P_{1q}$ 、 $C_{1y}$ 、 $C_3$ 和 $D_2d^2$ 等八个地层;III(低产地层)有 $P_{1m}$ 和 $P_2$ 两个地层。

表1 玉米高中低产地层的划分

地层	1	2	3	4	5	6	合计	平均值 $\bar{x}$	$X-\bar{X}$	$X-\bar{X}/\bar{X}$	产区类
$T_{2-3}p^1$	5797.5	3471.0	5760.0				15028.5	5009.5	1201.2	31.5	I (高产区)
N	4573.5	4513.5	3963.0				13050.0	4350.0	541.7	14.3	
$C_{1d}$	4828.5	4333.5	3619.5				12841.0	4280.3	472.0	12.4	
$T_{1l}$	4783.5	3138.0	4033.5				11955.0	3985.0	176.7	4.6	II (中产区)
$C_2$	3912.0	3769.5	3994.5				11676.0	2892.0	83.7	2.2	
$D_3$	4030.5	3466.5	3592.5				11089.5	3696.5	-111.8	-2.9	
$T_{1b}$	3357.0	3898.5	3831.0				11086.5	3695.5	-112.8	-2.9	
$P_{1q}$	4141.5	4404.0	3238.5	3681.0	2940.0	3570.0	21975.0	3662.5	-145.8	-0.4	
$C_{1y}$	3147.0	4314.0	3375.0				10836.0	3612.0	-196.3	-5.1	
$C_3$	3115.5	4159.5	4026.0	2350.0	2689.5	3975.0	20820.0	3470.0	-338.3	-8.9	
$D_2d^2$	3760.5	3127.5	3471.0				10350.0	3450.0	-358.3	-9.3	
$P_{1m}$	3409.5	3180.0	3318.0				9907.5	3302.5	-505.8	-13.3	III (低产区)
$P_2$	3310.5	3966.0	2025.9				3906.0	3102.0	-706.3	-18.8	

$$\bar{\bar{X}} 3808.3$$

### 3.2 玉米产量与地层的关系

土壤化学元素的含量与成土母质和成土过程有密切关系,可以说土壤中的化学元素在没有外来的情况下,直接来自成土母质。在母岩风化成土过程中,虽然化学元素的含量也进行了重新组合和重新分配,但母岩的化学成分仍然是决定土壤化学元素最初含量水平的重要因素。当然,土壤本身的化学特性和物理性质以及有机质、机械组成等,也影响元素含量水平。另外在成土过程中,有些元素极易移动流失,有些却累积在土壤中。例如钙(Ca)在土壤中严重流失,而锰却积累在土壤中等。故不同的母质形成相同类型的土壤,其土壤中元素含量不相同,而相同的母质在不同的环境里形成的土壤,其元素含量也不尽相同。这里是假设在其它因素不介入的情况下,用两种方法讨论玉米单产与地层岩石、土壤和叶片等元素含量<sup>1)</sup>的关系。方法一:利用岩石/土壤元素比值说明营养元素在土壤中富集、分散或流失。若地层岩石/土壤小于1说明元素在土壤中富集;岩石/土壤大于1,该元素分散、流失;利用地层土壤/玉米叶元素比值讨论土壤元素含量的丰缺和对植物生长需要的供给不足、充足或过量;若土壤/玉米叶元素比值小于1,说明土壤营养元素不能满足玉米需要;而比值大于1,土壤营养元素丰富,对植物需要的供给是充足或过量。方法二是分别对不同地层的玉米产量与岩石、土壤、玉米叶等营养元素进行一元线性相关分析,说明产量与营养元素间的相关性。

1) 岩石、土壤、玉米叶元素含量由广西区测试中心分析

### 3.2.1 地层土壤营养元素及其对玉米的供给状况

在3种产量类型的各地层中,元素Fe、Al、Zn、Co、Ni、As、Ga、Cr等8个元素,除其中Fe、Al、Zn、Ni、Co、Cr六个元素在 $T_{2-3}p^1(I)$ 地层含量在1.3—1.55外,在其他地层的比值均小于1,说明它们在土壤中的含量是丰富的。而土壤/玉米叶比值为2.8—1192,对玉米的供给是充足的,甚至是过量的。

Ca在所有地层中岩石/土壤比值为13.4—1064,说明Ca在土壤中流失严重,土壤/玉米叶比值除 $P_1q(II)$ 为1.46外,其他地层比值为0.22—0.33。从这个比值看,土壤中的Ca不能满足玉米的需要,但玉米叶Ca含量均高于正常含量0.38%—0.43%<sup>[1]</sup>的3—4倍,说明不会缺Ca。

Cu除在 $T_{2-3}p^1(I)$ 和 $P_1m(III)$ 两地层稍分散外,均为富集。土壤/玉米叶比值为1.3—3.29,土壤中的Cu含量可以满足玉米生长发育的需要。

Mg在I(高产)和II(中产)的 $D_3$ 、 $T_1b$ 及III(低产)的 $P_1m$ 地层是分散的,在其他地层土壤是富集的。而所有地层玉米叶含Mg量是正常含量0.23%—0.35%<sup>[1]</sup>的1—3倍。说明土壤镁含量能满足玉米的需要。

在I(高产)地层中,N、P、K、Na、Mo、Cl、Sr、Ba、V、Ga、W的岩石/土壤比值为0.01—7.7,这些元素从富集到分散。从K、N、P、Cl的土壤/玉米叶比值为0.0009—0.99看,不能满足玉米的需要。而Ge、Mo、Na、V、W、Ba和Sr(Sr在N(I)地层外)的土壤/玉米叶比值为1.09—83.9,说明能满足玉米的需要。

$T_{2-3}p^1(I)$ 地层玉米产量最高。此地层的Fe、Al、Zn、Cu、Ni、Cl、Ba、V、K、Na、As和P等12种元素的岩石/土壤比值均大于1(分散、流失),而其他地层比值均小于1(富集)。

III(低产)地层中,V、K、Na和W的岩石/土壤比值为0.06—0.87,说明在III地层土壤中富集;Mo、Ga、Sr、Ge、Cl、Se的岩石/土壤比值为1.6—50.26,这6个元素在III地层土壤中分散到严重流失。N、P、K、S、Cl的土壤/玉米叶为0.01—0.99;对玉米生长发育需要供不应求;而W、Ga、Ge、Mo、V、Sr土壤/玉米叶比值4.7—105.7,对玉米需要从供需平衡至供过于求。III地层土壤中的Na高于I(高产)和II(中产)地层土壤含量。

B在各地层土壤中的含量差异不大,但均属于富集,供过于求。而在玉米叶中的含量却低于正常含量27—72mg/kg<sup>[1]</sup>,这是否与土壤中Ca含量过高有关?Ca过量会影响植物对B的吸收。

SiO<sub>2</sub>在各类地层土壤中均为富集。除II(中产)的 $D_2d^2$ 外,土壤/玉米叶均大于1,叶含硅很丰富。

N、P、K是植物生长发育必需的大量元素。从表2比值部分看,绝大部分地层N、P、K是富集的,但供不应求。根据资料报导,玉米对N、P、K的要求相对稳定在1:0.5:1的比例。这次调查分析结果,在I(高产) $T_{2-3}p^1$ 地层土壤中,N:P:K为1.6:0.5:18.2(以P为基础计算,下同);N地层土壤中N:P:K为1.8:0.5:8.7; $C_1d$ 地层土壤N:P:K为0.6:0.5:3.6,这比例是失调的。在III(低产)地层土壤中N:P:K为0.5:0.5:4.3,这比例也是失调的。

### 3.2.2 玉米产量与岩石、土壤、叶片矿物元素相关性分析

玉米产量受地层岩石、土壤中矿物元素丰缺度的影响。为探讨玉米产量与岩石、土壤、叶片矿物元素之间的相关性,分别对不同地层的玉米产量与岩石、土壤、叶片中的矿物元素含量作了一元线性相关分析。

### 3.2.2.1 分析结果

玉米产量与地层岩石的 K、V 两元素呈显著正相关;与 As、Mn、Zn、Cu、Cr、Sr、Ba、SiO<sub>2</sub>、N、P 呈正相关;与 Ca、Na、Ni、B、Se、Cl 呈负相关;与 Fe、Al、Mg、Co、Mo 呈微负相关或不相关。

玉米产量与地层土壤矿物元素 SiO<sub>2</sub> 呈显著正相关;与 S、I、Ge、Mn 呈正相关;与 Cl、Ga、K、Ba、Sr 呈微正相关或不相关;与 Fe、V、As 呈显著负相关;与 N、P、Al、Ca、Zn、Cu、Co、Ni、Cr、Na、B 呈负相关;与 Mg、Mo 呈微负相关或不相关。

玉米产量与叶内矿物元素 Sr、Cu、Ni、Ga、SiO<sub>2</sub> 和 S 的含量呈正相关;与 K、Na、Cl、N 呈微正相关;而与 P 呈显著的负相关;与 V、Fe、Al、Mn、Zn、Co、Cr、B、As、W、Ge 和 Se 呈负相关;与 Ca、Mg、Ba、Mo 呈微负相关或不相关。

### 3.2.2.2 分析结果分析

N, 为玉米正常生长发育需要的六大元素之首。在三种相关分析中,玉米单产与地层岩石 N 含量呈正相关;与土壤 N 含量呈负相关;与叶 N 含量呈微正相关。在调查方法中已说明分析土壤样品是采自原始土的 B 层,土壤中有有效 N 的主要来源于人工施肥、绿肥和豆科植物。因此,玉米单产与来自母岩或岩石的 N 关系不大,甚至无关。前两种相关性只说明 N 在不同地层岩石含量多少及岩石风化成土过程中 N 在土壤中的富集情况。

玉米单产与玉米叶 N 含量呈微正相关或无关,但从玉米叶含 N 量看,仅有 C<sub>3</sub>(Ⅰ) 地层为 1.015%,接近玉米高产时的全 N 浓度(成熟期全株含 N 浓度)1.2% 的水平,其余在 0.09%—1.00% 之间,所以玉米产区地层土壤 N 供应量还是不足的,还要增加 N 肥的供给。

P, 为玉米生长发育需要的六大元素之一。在 3 种相关分析中,玉米单产与地层岩石 P 含量呈正相关;与土壤 P 含量呈负相关;与叶片 P 含量呈显著负相关。隆安县玉米产区地层土壤 P 含量除 P<sub>1q</sub>(Ⅰ) 为 0.20%、D<sub>2d</sub><sup>2</sup>(Ⅰ) 为 0.12% 高于临界值 0.08%—0.10% 外,其余地层土壤均低于临界值,其中 T<sub>1l</sub>(Ⅰ) 仅 0.004%;而玉米叶 P 含量为 0.1%—0.203%,除个别地层外,比土壤含磷量高两倍以上。因此,玉米吸收的磷素主要靠施肥。据报导,田间玉米吐丝期果穗下的对位第一叶含 P 量 < 0.15% 为极缺,含量为 0.16%—0.24% 为缺乏,0.25%—0.40% 为中量, > 0.50% 为高量<sup>[2]</sup>。隆安县玉米叶是采自成熟期叶旗以上第一张叶片,含 P 量为 0.1%—0.203%。作物随着生理年龄的增加,体内 P 浓度会逐渐下降。据此,可以说隆安县玉米磷素营养状况大概属于缺乏到中等的水平。为什么玉米单产与叶片 P 含量会呈显著负相关呢?这可能是元素间的协调问题。磷与锌的相互作用已有很多研究,通常这种关系是指磷引起锌的缺乏。表现在土壤有效磷水平高或土壤施用磷肥后出现植物生长失调现象<sup>[2]</sup>。第一种情况,据试验报导,当土壤有效磷含量大于 15mg/kg,有效 Zn 小于 0.5mg/kg 时,单施磷肥或增大磷肥用量都会导致玉米减产,且施磷越多,减产越多,呈极显著差异<sup>[3]</sup>。隆安县玉米磷素供应主要靠施用化学磷肥和农家肥,农家肥如牛栏粪可含 0.16% 的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>。施用磷肥可有效地提高土壤中的速效 P 含量。隆安县玉米产区虽不是重施磷肥,但如果年年施用,残留在土壤中的 P 素会越来越多,速效 P 也随之不断提高。第二种情况,经研究证明,

在缺P的土壤上,高P诱发作物由于施P对Zn的稀释作用,降低土壤活性及影响Zn的吸收与运转等综合因素所致。在缺P土壤上, $P_2O_5$ 施用超过 $60\text{ kg/hm}^2$ 时需配施锌肥<sup>[5]</sup>。隆安县玉米产区土壤全锌量为 $64\text{—}336\text{ mg/kg}$ ,玉米叶含Zn量为 $15.5\text{—}38.2\text{ mg/kg}$ ,属中下水平,说明这类土壤有效Zn含量是不高的。研究也表明,植株缺Zn多发生在 $\text{pH}\geq 6$ 的石灰性土壤上;土壤pH升高时,有效Zn含量减少。在石灰性土壤上,锌的可溶性很低,在南方的酸性土壤上,过量施用石灰时,由于土壤pH升高,可能引起“诱发性缺Zn”<sup>[6,7]</sup>。试验结果还表明,即使植株内Zn含量并不太低的情况下,大量施用磷肥也会导致植株缺Zn<sup>[2]</sup>。上述分析是否正确,还有待田间试验证明。

K,是玉米生长发育需要的六大元素之一。在三种相关性分析中,玉米单产与地层土壤K含量呈显著正相关;与地层土壤K含量呈微正相关或不相关;与玉米叶K含量呈微正相关。大多数作物叶片K的临界含量在 $0.7\%\text{—}1.5\%$ ,隆安县玉米叶含K量均在这临界含量之内。土壤K含量如果低于 $2\%$ 时,作物有可能出现缺钾<sup>[2]</sup>。隆安县玉米产区地层土壤最高含K量 $0.94\%$ 只有 $T_{2-3}p^1(I)$ 地层。所以,所有地层土壤均属于缺钾,要注意增施钾肥。

S,为玉米生长发育需要的六大元素之一。在三种相关分析中,玉米单产与地层土壤和叶片S含量均呈正相关。玉米在抽穗期茎秆含S为 $0.191\%$ ;盆栽的玉米在抽穗期其茎秆S的含量为 $0.203\%$ <sup>[2]</sup>。隆安县玉米叶S含量最高为 $0.205\%$ ,最低为 $0.032\%$ ,一般在 $0.066\%\text{—}0.167\%$ 之间。从土壤/玉米叶的比值看,土壤S含量不能满足玉米的需要,所以有施S的必要。

Ca,为玉米生长发育必需的六大元素之一。在三种相关分析中,玉米单产与地层岩石和土壤Ca含量均呈负相关;与玉米叶Ca含量呈微负相关或不相关。隆安县玉米产区地层岩石除 $T_{2-3}p^1(I)$ 和 $P_2(II)$ 含Ca量为 $0.165\%$ 和 $0.395\%$ 以外,其余地层岩石Ca含量高达 $25.96\%\text{—}39.42\%$ 。虽然在成土过程中,Ca淋溶流失,除 $P_{1,q}(II)$ 地层土壤含Ca量为 $2.6\%$ 外,其他地层土壤Ca含量只有 $0.03\%\text{—}0.46\%$ 。但土壤/玉米叶Ca的比值除 $P_{1,q}(II)$ 大于1外,其余均小于1。玉米聚钙,玉米叶Ca含量在 $1.24\%\text{—}1.81\%$ 之间,比土壤Ca含量高得多。Ca过量是否已影响玉米对B等元素的吸收,有待田间试验。

Fe和Al分别是玉米生长发育必需的微量元素和超微量元素。在相关分析中,玉米单产与地层岩石、土壤和叶片Fe和Al含量呈负相关。在南方高温多雨的气候条件下,土壤由于脱硅富铁铝化作用,所以Fe和Al含量丰富,都在几个万个 $\text{mg/kg}$ 以上,个别高达10万个 $\text{mg/kg}$ 。但玉米叶Fe和Al含量只有几百 $\text{mg/kg}$ ,说明玉米不能吸收过多的Fe和Al,否则会产生毒害。

Mn,为玉米生长发育需要的微量元素之一。在三种相关分析中,玉米单产与地层岩石、土壤Mn含量呈正相关;与玉米叶Mn含量呈负相关。在酸性土壤上Mn的可给性很高(有时全Mn也高)。所以,南方大面积的酸性土壤除了因施用大量石灰可能导致“诱发性缺锰”外,一般不缺乏有效态锰<sup>[9]</sup>。研究指出,植物Mn中毒通常与铁铝土等酸性土壤有关<sup>[8]</sup>。生长在酸性土壤上的植物受到一系列障碍因素的影响,其中主要是铝和锰的毒害<sup>[9]</sup>。隆安县玉米产区地层土壤Mn含量一般在 $120\text{—}940\text{ mg/kg}$ ,仅 $C_3(II)$ 地层土壤Mn含量 $61.8\text{ mg/kg}$ , $P_{1,q}(II)$ 和 $T_{1,l}(II)$ 含Mn达 $2370\text{—}2750\text{ mg/kg}$ ;玉米叶Mn含量一般在 $49.5\text{—}92.6\text{ mg/kg}$ ,而 $N(I)$ 和 $D_{2,d}^2(II)$ 两地层玉米叶Mn的含量达 $139\text{—}230\text{ mg/kg}$ 。

Zn,为玉米生长发育需要的微量元素之一。在三种相关分析中,玉米单产与岩石Zn含

量呈正相关；与土壤和叶Zn含量呈负相关。作物对Zn的需要量虽很小，在营养液中只要保持0.1mg/kg或稍多一点的Zn便能满足植物的正常生长需要。但是，在生产中Zn的中毒也是很少见的，而且只有在作物叶片含Zn量大于400mg/kg时，才有可能出现中毒。隆安县玉米叶Zn含量在15.5—38.2mg/kg。因此，劣势地层产量低并不是Zn中毒所致。那为什么玉米单产与玉米叶Zn含量呈负相关？从玉米单产与土壤含Zn量呈负相关可知，优势地层土壤Zn含量低于劣势地层，同优势地层玉米叶Zn含量低于劣势地层相对应，这就说明优势地层玉米叶Zn含量低于劣势地层是由于优势地层土壤Zn含量低的缘故。

Cu，为玉米生长发育需要的微量元素。在三种相关分析中，玉米单产与地层岩石和玉米叶Cu含量呈正相关；与地层土壤Cu含量呈负相关。据研究，一般叶片干物质Cu含量小于4mg/kg时，则可能出现缺Cu。大多数正常生长的作物含Cu在5—20mg/kg，大于20mg/kg则可能出现毒害<sup>[2]</sup>。隆安县玉米产区各地层玉米叶Cu含量在15.2—21.1mg/kg，绝大多数在18—20mg/kg。Cu对玉米生长和产量起好的作用，但绝大部分地层玉米叶已接近临界值。再从土壤/玉米叶Cu的比值均大于1看，土壤Cu的供应是充足的，所以不必考虑Cu肥。

B，为玉米生长发育需要的微量元素。在三种相关分析中，均呈负相关。隆安县玉米产区地层土壤含B量为20.9—64.4mg/kg，属含B量较低的土类。玉米叶含B量在2.96—5.55mg/kg之间，优势地层玉米叶含B量略少于劣势地层，但差别不大。一般农作物B含量在2—100mg/kg，大多数作物的干物质B含量小于15mg/kg，会感到B素不足，含量在20—100mg/kg之间属丰富而不过量，超过200mg/kg时，则往往会出现B的毒害<sup>[2]</sup>。据研究，玉米地上部分(砂培)1.0—2.0mg/kg为缺乏，5—8mg/kg为中等，大于25mg/kg为过量。据此对比，隆安县玉米B含量属偏低水平。所以，出现玉米单产与叶片含B量呈负相关的原因，不是因为玉米吸收B过多而引起中毒所致。从玉米单产与土壤B含量呈负相关，以及各地层玉米叶片含B量相差不大，而且与土壤B含量大体呈正相关看，各地层玉米叶B含量的差异大体上是由于土壤B含量的差异所引起。

SiO<sub>2</sub>，它在土壤中约占土壤成分的50%—70%，但玉米生长发育对它的需要量极少，是一种超微量元素。在相关分析中，玉米单产与地层岩石、土壤和叶SiO<sub>2</sub>，含量均呈正相关。隆安县玉米产区土壤SiO<sub>2</sub>含量非常丰富，从300000mg/kg到745000mg/kg，SiO<sub>2</sub>虽然是玉米的一种超微量元素，但叶片SiO<sub>2</sub>含量达41800—96200mg/kg，非常丰富。玉米吸收如此多的SiO<sub>2</sub>，而不产生毒害，可能SiO<sub>2</sub>对玉米生长有好的作用。硅对作物生长发育和抗病害的良好作用，以及对土壤肥力的某些促进效应已有不少的试验证明<sup>[2]</sup>。硅肥在东南亚产水稻为主要的国家已被列入增产水稻的第四个大量元素肥料，即N、P、K、SiO<sub>2</sub><sup>[9]</sup>。

Cr，是玉米生长需要的超微量元素。在三种相关分析中，玉米单产与地层岩石Cr含量呈正相关；与土壤和叶Cr含量呈负相关。隆安县各地层玉米叶Cr含量多在0.994—1.71mg/kg，仅个别地层为0.513mg/kg和0.860mg/kg，相差不大。土壤/玉米叶Cr比值大于1，土壤Cr的供应是充足的。Cr是一种对作物生长有害的重金属元素，玉米吸收过多会产生不利的影响，是否如此，还需经过试验明证。

Sr，为玉米生长发育需要的超微量元素。在三种相关分析中，玉米单产与地层岩石和玉米叶Sr含量均呈正相关，与土壤Sr含量呈微正相关。玉米叶Sr含量为3.63—23.9mg/kg，且大体上优势地层含量较大。玉米是否是吸收Sr越多，对生长越有利，还需进一步进行田

间试验。

As, 是对作物生长有害的重金属元素。在三种相关分析中, 玉米单产与地层岩石 As 含量呈正相关; 与土壤 As 含量呈显著负相关; 与玉米叶As含量呈负相关。据报导, 富铝土地地区 As 的临界含量不能大于40—50 mg/kg, 赤红壤As的临界含量不能大于38 mg/kg。隆安县玉米产区各地层土壤As含量只有  $T_2-sP^1$  (I) 和  $C_3$  (I) 两地层土壤 As 含量为15.6—18.5 mg/kg, 低于临界水平, 多数地层为43.3—245 mg/kg, 大大超过 As 的临界值。

#### 4 布局调整及建议

玉米是隆安县主要粮食作物之一, 面积要保持相对稳定, 因此不可能把玉米的劣势地层都改种其他作物。玉米栽培历史悠久, 对它的研究很多, 只要针对玉米的生态特性和要求, 满足其对各类元素的需要, 劣势地层也是可以提高产量。但是, 在提高单产, 保证总产量的情况下, 适当调整部分玉米生产的劣势地层改种适合生长的作物是可以考虑的。例如  $C_3$  (石炭系上统) 为玉米的中势地层, 是甘蔗生产的优势地层,  $D_3$  (泥盆系上统) 为甘蔗生长的优势地层, 而是玉米生产的中势地层,  $T_2-sP^1$  和 N 种植甘蔗不见得优势, 却是玉米生产的优势地层, 这种情况是可以考虑调整的。总之, 要根据具体情况作具体分析, 做到适地适作物。下面根据玉米单产与元素相关分析结果, 对隆安县玉米生产提出几点建议。

4.1 施用 N、P、K 的同时注意元素间的协调。隆安县玉米产区地层土壤 N、P、K 的含量均不足, 不能有效地保证玉米生长发育的需要。优势地层 (I) 的玉米叶 K 含量都高, 在 11800mg/kg 以上; 中劣势地层玉米叶 K 含量较低。因此, 必须注重增施 N、P、K 肥, 尤其是 K 肥, 在施肥时要注意元素间的协调, 尤其与 Zn、B 的协调。P 与 Zn 的协调上面已分析过了。据研究指出, N 与 Zn 之间也有协调问题, 供 N 时可能引起缺锌<sup>[2]</sup>。Поспелов 指出, 当施以高量的 N、P、K 用以提高产量, 植物对 B 的敏感性被提高了<sup>[12]</sup>。有的研究报告还指出, 如果在适量 B 水平的营养液中增施氮肥, 则促进更多的 B 被吸收并可获得更高的干物质产量。植物含 N 水平提高需要相应地增加 B 的吸收来加以平衡。在缺 B 情况下, 增施 N 肥会加重缺 B 症状<sup>[13]</sup>。K 与 B 间, 在有效 B 较低的土壤施用钾肥加重植株缺 B, 供 B 充足时施用 K 肥则增加植物对 B 的吸收, 而另一方面施 B 肥也促进 K 的吸收<sup>[13]</sup>。隆安县玉米生产优势地层的优势原因之一, 可能就在元素间协调较好。例如, 劣势地层玉米叶 N 含量比优势地层高, 但含 B 量却没有增加; 再例如劣势地层玉米叶 P 含量比优势地层高, 但含 Zn 量增加不多就可以说明。同样在有效 Zn 水平低的情况下, 适当吸收 P 比多吸收 P 两者能更好地协调。据上述, 在施 N、P、K 时, 注意配施 Zn 和 B 肥, 如何配合得好, 建议进行田间试验。

4.2 关于不施或少施石灰问题。隆安县玉米产区不少地层土壤 Ca 含量很高, 若再施石灰, 则加重土壤 Ca 的含量, 提高土壤 pH。土壤 pH 升高会导致诱发性缺 Zn 和 B, Ca 加强了植物的缺 B 症状。该县玉米叶 Zn 和 B 含量偏低。优势地层土壤 Ca 含量比劣势地层土壤少得多。研究表明, 施 K 增加 B 吸收则是由于 K 降低了对 Ca 的吸收<sup>[13]</sup>。所以, 在隆安县玉米产区地层土壤上要注意不施或少施石灰, 以免土壤 pH 升高导致“诱发性缺 Zn 和 B”, 影响玉米产量。

4.3 关于  $SiO_2$  对玉米生长发育的作用问题。前面已指出,  $SiO_2$  对水稻的明显增产作用; 对作物的生长发育和抗病也有良好作用, 以及对土壤肥力的某些促进效应已有不少试验证明。



SiO<sub>2</sub>对玉米生长发育的作用如何尚很少有人试验。从玉米单产与地层岩石、土壤和玉米叶SiO<sub>2</sub>含量皆呈正相关可知, SiO<sub>2</sub>是玉米叶含量最多的矿物元素, 优势地层(T<sub>2-3</sub>P<sup>1</sup>和N)的土壤SiO<sub>2</sub>含量最多。南京农业大学梁永等人综述了植物硅素营养的研究历史和现状, 文章指出: 加硅能减轻锰和铁的毒害, 降低植物中铝浓度及铝害程度; 在有效P低时, 硅对作物具有益的作用, 施硅改变磷的有效性; 对高等植物来说, 低浓度的锗(Ge)即有剧毒, 加入高浓度的硅则可缓解。施硅明显抑制植物Ca、Mg的吸收; 硅对水稻吸收砷有一定抑制效果<sup>[14]</sup>。从相关分析知, 隆安县玉米产区土壤Fe、Al、Mn过多, 对玉米生长和产量已造成不利影响; 砷锗已给玉米产生毒害, 有效磷低是否就是隆安县玉米地层土壤含SiO<sub>2</sub>丰富, 玉米吸收SiO<sub>2</sub>多, 才减轻玉米生长和产量免受砷锗的不利影响呢? 从优势地层(T<sub>2-3</sub>P<sup>1</sup>和N)土壤含SiO<sub>2</sub>最多, 含Fe、Al、Ca较少来分析, 也可能有一定关系, 建议今后开展硅肥的试验。SiO<sub>2</sub>对玉米生长和产量有显著的促进作用, 又是玉米叶含最多的矿物元素, 但过去仅把它作为玉米生长发育需要的补充元素, 这个结论有商榷的必要。

4.4 玉米耐Cl力强, 有聚Cl特点。据金安世、郭鹏程等人对作物耐氯力及氯对产量品质的影响试验表明, 玉米是一种耐氯作物, 在土壤含氯本底值7—5 mg/kg的条件下, 施氯200—400 mg/kg时略有增产或与对照平产; 施600 mg/kg时仍与对照平产。氯浓度进一步提高时产量下降, 但较缓在施氯200mg/kg、400mg/kg和800mg/kg三种情况下, 籽粒粗蛋白和粗淀粉含量比对照略有增加, 但可溶性糖略减少。而且得出耐氯力安全值<400mg/kg, 临界值800mg/kg, 毒害值2000mg/kg, 致死值>3200mg/kg<sup>[15]</sup>。隆安玉米地层土壤含氯除T<sub>2-3</sub>P<sup>1</sup>(I)、T<sub>1</sub>l(I)、P<sub>2</sub>(I)分别为103mg/kg、310mg/kg和270mg/kg外, 其余在22.1—63.1之间; 玉米叶含氯量除C<sub>3</sub>(I)和C<sub>2</sub>(I)为910mg/kg和990mg/kg外, 其余在1030—3420mg/kg之间, 含量都较高。从C<sub>1</sub>d(I)和D<sub>2</sub>d<sup>3</sup>(I)地层土壤氯含量分别只有27.4mg/kg和27mg/kg, 是玉米产区地层土壤含氯最少的地层, 但生长在这两个地层上的玉米叶片含氯量分别达3420 mg/kg和2860 mg/kg, 又是玉米叶含氯量最高的地层。所以说玉米不但耐氯力强, 而且可能还是一种喜氯作物, 有聚氯特点。上述对指导玉米生产有实践意义。在安全浓度范围内施氯肥料对玉米无不良影响, 而且还有一定促进增产和改善品质的作用。

## 参 考 文 献

- 1 吴绍琰等. 玉米栽培生理. 上海科学技术出版社, 1980, 175—183
- 2 刘芷宁等. 主要作物营养失调症状图谱. 北京: 农业出版社, 74
- 3 董玉波. 石灰性土壤磷钾肥对玉米和产量和质量的影响. 土壤, 1980, (6): 328
- 4 黄竹芝, 曹翠玉等. 石灰性土壤上磷肥的效应. 土壤, 1960, (6): 327
- 5 任军等. 锌肥有效施用条件研究. 土壤肥料, 1963, (2): 40
- 6 <中科院微量元素学术交流会汇刊>编辑小组. 中国科学院微量元素学术交流会汇刊. 北京: 科学出版社, 1980, 154
- 7 钱金红等. 碳铵盐对土壤锌钡吸收影响的研究. 土壤学报, (1): 106—108
- 8 朱燕婉等. 某些土壤中金属元素5个组分的研究. 土壤, 1963, (2): 61
- 9 张西科等. 植物锰中毒研究进展. 土壤学进展, 1964, (5): 12

- 10 薛碧秀等. 四川省施用硅肥的增产效果. 土壤肥料, 1961, (2): 40
- 11 夏增禄. 中国主要类型土壤若干重金属临界含量和环境容量区域分异的影响. 土壤学报, 1994, (2): 160
- 12 李庆逵等. 中国科学院微量元素研究工作会议汇刊. 北京: 科学出版社, 1964, 12
- 13 吴礼树等. 硼素营养研究进展. 土壤学报, 1994, (2): 5—6
- 14 梁永超. 植物的硅素营养. 土壤学进展, 1993, 8, 9—11
- 15 金安世, 郭鹏程, 张秀英. 作物耐氯力及氯对产量品质的影响. 土壤通报, 1992, (6): 257—259
- 16 李庆逵主编. 中国红壤. 科学出版社, 1985
- 17 崔 澈. 植物中的微量元素. 中科院微量元素研究工作会议汇刊, 科学出版社, 1964
- 18 王景华. 海南岛土壤和植物中的化学元素. 科学出版社, 1987
- 19 [法] H. 奥贝尔等. 土壤中的微量元素. 科学出版社, 1982
- 20 [英] F. 萨克利夫等著. 植物和矿质营养. 科学出版社, 1986