

# 198-204 S513.062 淮北砂姜黑土区玉米高产施肥的理论与实践

张效朴 詹其厚

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008)

**摘 要** 本文通过对淮北砂姜黑土区玉米高产施肥的研究,提出了适合该地区的玉米高产高效施肥原则和计算模式,并从土壤供肥特点、作物需肥特点及其对肥料的反应规律等方面阐述了制定玉米高产施肥方案的依据,在生产实践中取得了较大成效,证明有较广泛的应用价值。

**关键词** 玉米;砂姜黑土区;高产施肥 黑土供肥特点

玉米作为世界上种植面积和总产量的第三大作物及单产或增产潜力的第一大作物,有关它的施肥已受到国内外许多学者关注<sup>[1,2,3,4]</sup>。淮北地区过去几乎无种植玉米的习惯,直到1987年我们提出“新三制”种植结构调整方案<sup>[5]</sup>后,玉米种植面积才能迅速扩大开来。针对当地缺乏玉米高产施肥经验的现状,我们进一步开展了玉米高产施肥的研究。

## 1 高产施肥的原则及依据

### 1.1 高产施肥的概念

所谓“高产施肥”,可以有几种理解,即最大生产潜力施肥,最大产量施肥及最佳产量施肥等。前者是指那种不惜工本、只求在当地最佳条件下能充分发挥适种良种的产量潜力所进行的施肥,例如加拿大的 C. K. Stevenson<sup>[6]</sup>,巴西的 L. F. Bernardes<sup>[7]</sup>,美国的 Herman Warson,以及我国的李登海等创造各国最高产量时,不仅用肥量很高,而且肥料养分力求完全,施用次数多,方法得当等。所谓最大产量施肥,是指肥料效应曲线中达最高产量点的施肥,由于肥料效应递减的制约,因此这种施肥的经济效益并不是最高。我们在本文中所说的高产施肥,则是指能达到最大经济效益的所谓“最佳施肥”方案。

### 1.2 高产施肥的原则

通过十余年来的试验和生产实践,认为砂姜黑土区玉米高产施肥的原则应是:既要满足作物高产对养分的需求,又要低耗而高效;既要利用和挖掘这类土壤的生产潜力,又要基本维持土壤养分平衡,有利于农业可持续发展。换句话说,必须根据玉米的需肥量和吸肥特性,当地不同类型土壤供给各种养分的强度和持续能力,并参考作物对肥料的反应规律等因素综合平衡,从而拟出既高产又高效的施肥方案和管理制度。

## 2 砂姜黑土的供肥特点

### 2.1 养分含量特点

淮北砂姜黑土的养分状况,过去有种说法叫做“缺氮、少磷而富钾”<sup>[8]</sup>。但从80年代中期第二次土壤普查资料看,情况已有所变化。例如涡河中下游亳、涡、蒙、怀一市三县的780多万亩砂姜黑土,其主要土属的耕作层有机质和全氮(N)的平均值分别在11.3—12.2g/kg和

0.76—0.85g/kg 之间,虽然大多尚属较低水平,但已略高于 70 年代。全磷( $P_2O_5$ ,下同)多在 0.8g/kg 左右;速效磷( $P_2O_5$ ,下同)多在 4.5—18.0mg/kg 之间。而不同田块速效磷的变幅甚至超过土属乃至土类间的差异,原因是速效磷含量主要取决于人为施肥活动的强弱。土壤全钾和速效钾( $K_2O$ ,下同)皆以淤黑姜土最高(分别为 22.0—25.0g/kg 和 180—260mg/kg),属“丰富”水平,而以砂姜黑土田(水稻土)最低,属较低水平(在 100mg/kg 以下),其余土属多为中等或上等水平(100—160mg/kg)<sup>[9]</sup>。这种不同土属间土壤钾素肥力的差异直接关系到玉米高产施肥中钾肥的需要程度。例如根据前述的施肥原则,对淤黑姜土暂时可不施钾肥等。

## 2.2 养分变化特点

近期的野外调查、定点观测和田间定位试验结果表明,砂姜黑土的养分水平仍处在变化中。例如蒙城县在黑姜土、黄姜土及淀白黑姜土上的 24 个定点观测结果,从 1983 年到 1988 年的 5 年中,土壤有机质和全 N 含量稳中有升,碱解 N 明显提高,显然这是 N 素化肥增加后使残茬还田量及土壤吸附和微生物固定的 N 有所增加所致;土壤全磷和速效磷更显著提高,后者提高达 1 倍以上<sup>[9]</sup>。又如 1990 年对亳州市古城区 209 个淤黑姜土耕层土样测定结果,速效磷平均 11.4mg/kg,比同区内六、七年前第二次土普结果也提高将近 1 倍。1992 年以来我们在怀远的肥料定位试验进一步显示,在小麦和玉米一年两季亩产吨粮的高产栽培条件下,每季施用磷( $P_2O_5$ )5kg/mu 的各处理土壤磷明显提高(图 1)。然而不论施钾肥与否,土壤速效钾都有逐渐下降的趋势,特别在连续只施 NP 化肥时更为明显;而每季施  $K_2O$  6kg/mu 的处理只能减缓这种下降趋势。因此,近十多年来,土壤速效磷水平的普遍提高和钾的缓慢下降,是砂姜黑土的养分变化中的最重要特点,科学施肥必须考虑这些变化因素。

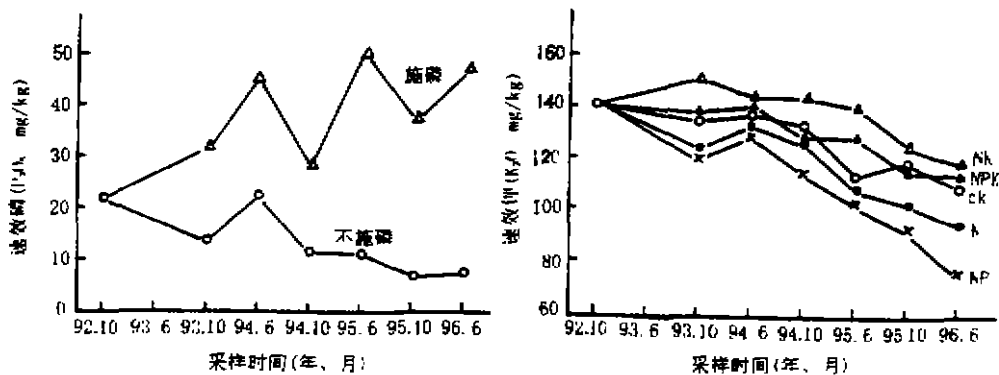


图 1 连续种植和不同施肥处理下土壤速效性磷、钾的变化

## 2.3 速效性磷、钾的剖面分布特点

土壤养分的剖面分布状况也影响供肥能力,曾创世界玉米产量记录的美国人 Herman Warsaw 便十分强调培育深厚肥熟耕作层的重要性。如图 2 所示,几种砂姜黑土的速效磷在剖面上大多呈上高而下降的“厂”字形分布,其上部的宽度主要与施用磷肥的频度和强度有关,肥沃的耕地一般较宽,瘦地或撩荒地(如图 2 中 Hb<sub>3</sub>剖面)较窄,水田一般更宽些。后者主要由于施磷肥时间长,施用量也较高所致。

速效钾的剖面分布,除淤黑姜土外,其余大多呈上低而下高的近似于“h”形的分布。原因除与该类土壤不同层次的母质系不同时期形成的所谓“异源母质”有关外,主要与长期耕作种

植,致使耕层中一部分土壤钾随作物带走及向下迁移,且极少补充钾肥有关。

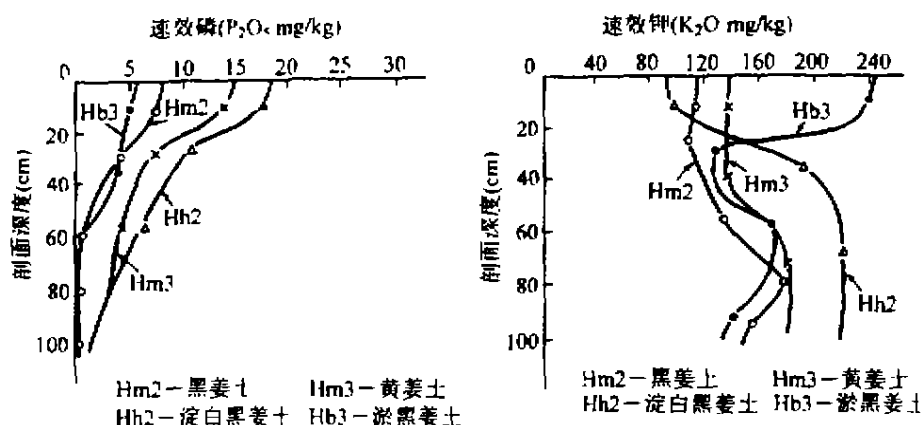


图 2 不同类型土壤速效磷、钾剖面分布

### 3 玉米对养分的需求特点

#### 3.1 需肥特点

通过田间试验中不同处理的植物分析和生物量测定计算得知,每生产 100kg 玉米平均需吸收 N 2.23-2.51kg,  $P_2O_5$  0.89-1.18kg,  $K_2O$  1.94-2.28kg (表 1),这与 FAO 的有关资料相近<sup>[10]</sup>。

表 1 玉米与小麦的养分需求及对肥料利用率比较

| 资料来源  | 作物种类 | 生产 100kg 籽粒的养分吸收量(kg) |           |           | 肥料的当季利用率(%)   |                 |
|-------|------|-----------------------|-----------|-----------|---------------|-----------------|
|       |      | N                     | $P_2O_5$  | $K_2O$    | N             | $P_2O_5$        |
| 淮北(张) | 玉米   | 2.23-2.51             | 0.89-1.18 | 1.91-2.28 | 44.0(38-55)   | 44.0(38-48)     |
|       | 小麦   | 2.73                  | 1.16      | 1.92      | 44.2(30-57.3) | 26.9(21.9-32.1) |
| FAO   | 玉米   | 2.0                   | 0.83      | 2.0       | 9-67*         |                 |
|       | 小麦   | 2.8                   | 1.2       | 2.4       |               |                 |

\* 注:见参考文献(13, 14, 15)

若与当地小麦相比,生产单位产量玉米吸收的氮、磷量相对较低,而需钾量却大致相近或略高。但因一般条件下玉米单产比小麦高得多,所以对氮和钾的总需求量都高于小麦。

同时,由于玉米的生育期较短,生长速度较快,所以对养分吸收的强度也较小麦为大。尤其在玉米生长过膝高后生长速度增加,此时对养分的需求更为迫切。正如 J. D. Beaton 所指出<sup>[11]</sup>,在集约化生产条件下当春玉米出苗 50 天(10 叶期)后,植株吸收的养分量几乎成倍增加,到抽雄期大约已有 65% 的 N, 41% 的 P 和 78% 的 K 被玉米吸收。我们的试验表明,当氮肥以基肥(或早追)和中期(大喇叭口前)各 1/2 施时,玉米产量最高。从而表明根据玉米生育阶段对养分的需求强度不同进行分次施肥的必要性。此外,不同玉米品种需肥特性也不同,如掖单 2 号不如掖单 13 号和 19 号耐肥等,也是高产高效施肥必须考虑的因素。

#### 3.2 玉米对肥料的利用率

用差减法算得的结果(表 1)表明,玉米对氮肥的当季利用率变化在 38-55% 之间,平均为 44%。这与小麦的结果相近,而比朱兆良等在黄潮土的玉米—小麦系统中用<sup>15</sup>N 研究的结

果<sup>[12]</sup>略高。诚然,在不同的土壤、气候条件下,使用不同肥料品种,采用不同施肥时间和施肥方法,所得结果差异很大<sup>[13,14,15]</sup>。

如表1所示,我们测得的玉米对磷肥的当季利用率在38—48%之间,平均为44%。这比小麦的结果(26.9%)要高得多。这主要与玉米生长期土温高,受温度效应影响,磷肥的有效性明显提高有关。正如B. R. Singh所指出<sup>[16]</sup>,温度高时,土壤可提取磷增加,作物吸收磷量提高;尤其在前几季已施用较多磷肥,致使磷肥在土壤有所积累时,这种温度效应更明显。玉米对磷的利用率高于小麦的这一特点,为在玉米上节约磷肥的施用提供了试验依据。

#### 4 玉米对 N、P、K 肥的反应规律

##### 4.1 对 N、P、K 肥的反应

在几种主要类型砂姜黑土上,按正交法、回归法和随机区组法设计的20多块计300多小区的田间试验(举例列于表2、3)表明,氮肥是夏玉米增产的主要因素,适量氮肥一般可增产200—400kg/mu,增产幅度多在1—2倍。一般地说,在亩施纯N 8kg以下时,产量反应曲线几乎成直线上升,随后逐渐趋于平缓,而当N量增至14—16kg/亩时,多数田块即已达到或接近达到最高产量点。计算表明,玉米谷粒产量是N肥用量的二次方函数。

表2 正交法试验玉米产量直观统计表 (kg/mu)

| 水平<br>平均值   | 亳试2,1990* |       |       |       | 怀远,1991 |       |       |       | 怀远,1992* |       |       |       |
|-------------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
|             | CK        | N     | P     | (NP)  | CK      | N     | P     | K     | CK       | N     | P     | K     |
| $\bar{K}_0$ | 380.0     |       |       |       | 230.0   |       |       |       | 178.0    |       |       | 189.8 |
| $\bar{K}_1$ |           | 532.3 | 607.3 | 613.4 |         | 540.7 | 571.7 | 553.8 |          | 566.5 | 571.0 | 551.7 |
| $\bar{K}_2$ |           | 610.6 | 601.9 | 605.0 |         | 564.4 | 582.7 | 571.0 |          | 590.3 | 582.9 | 581.4 |
| $\bar{K}_3$ |           | 611.2 | 602.1 | 588.6 |         | 586.1 | 556.4 | 577.9 |          | 608.1 | 596.2 | 618.4 |
| $\bar{K}_4$ |           | 615.1 | 600.2 | 584.8 |         | 593.3 | 573.8 | 582.1 |          | 611.0 | 625.8 | 624.4 |
| $\bar{K}_5$ |           | 616.1 | 603.8 | 623.5 |         |       |       |       |          |       |       |       |
| R           |           | 108.9 | 7.1   | 38.7  |         | 52.6  | 26.3  | 28.5  |          | 45.5  | 54.8  | 72.7  |

\* 为连续施肥的第二季试验。

表3 夏玉米对 N、P、K 肥的反应(因子试验, kg/mu)

| 处理  | 怀远, 颍姜土, 1992* |       |            |            | 怀远, 黄姜土, 1993* |       |            |            |
|-----|----------------|-------|------------|------------|----------------|-------|------------|------------|
|     | 籽粒产量           |       | Duncan 测验  |            | 籽粒产量           |       | Duncan 测验  |            |
|     | $\bar{X}$      | $S_e$ | $P_{0.05}$ | $P_{0.01}$ | $\bar{X}$      | $S_e$ | $P_{0.05}$ | $P_{0.01}$ |
| NPK | 659.9          | 15.6  | a          | A          | 757.0          | 11.2  | a          | A          |
| NK  | 616.9          | 24.7  | a          | AB         | 728.9          | 30.5  | a          | A          |
| NP  | 562.1          | 43.2  | b          | B          | 650.9          | 41.2  | b          | B          |
| N   | 536.9          | 42.6  | b          | B          | 622.9          | 40.2  | b          | B          |
| CK  | 212.1          | 37.9  | c          | C          | 263.6          | 25.0  | c          | C          |

\* 为连续第二季施肥试验。

从这些结果还可看出,在多数试验中磷肥增产值大多未达到5%显著水准;只有少数土壤速效磷在15mg/kg左右或更低的田块,在施用氮肥和钾肥的基础上,磷肥才有一定增产效果。这与当前土壤磷水平普遍提高以及玉米对磷肥和土壤磷的利用率较高是密切相关的。

与磷肥反应不同的是,在钾素水平中等(土壤速效钾100—160mg/kg)的几种砂姜黑土上,

施钾肥对玉米大多数有一定增产效果,尤其在连续两季以上只施氮、磷化肥而不施有机肥,且作物产量较高时,钾肥的增产效果更为突出。例如表 3 中,NK 比 N,或 NPK 比 NP 处理皆增产 100kg/mu 左右。玉米对磷、钾肥的反应规律与小麦的结果有显著差别。而钾肥对玉米之所以会有效,则主要是这些土壤速效钾水平下降及玉米对钾的需要量较大两因素的结合所致。

#### 4.2 最佳产量及最佳施肥量

试验结果经数学模拟,可求得肥料效应方程,如怀远县-N.P.K 试验,由于 P 肥效果不明显,只取 N、K 二因子统计,得回归方程为:

$$Y(\text{kg}/\text{mu}) = 190.4 + 55.60N + 13.12K - 2.022N^2 - 0.7479K^2 + 0.1984N \cdot K$$

输入物价参数后,求得最佳产量为 652.4mg/mu,相应的最佳施肥量为 N13.2kg/mu, K<sub>2</sub>O 8.9 kg/mu。

依此求得某些玉米试验的最佳产量及最佳施肥量如表 4。可以看出,几种类型土壤上玉米的最佳产量多变化在 550-750kg/mu 之间,最佳施 N 量多在 12.0-15.5kg/mu, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 多在 2-6kg/mu, K<sub>2</sub>O 多在 5-9kg/mu。这与一些玉米高产国家如意、美、加等的研究结果比较接近<sup>[3,18,19]</sup>。此时相当于每增产 100kg 玉米需要肥料 N3.0-5.4kg, 肥料 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>0.5-2.3kg, 肥料 K<sub>2</sub>O 1.2-1.9kg。

表 4 砂姜黑土上 N、P、K 肥对玉米产量的影响与最佳施肥量 (kg/mu)

| 供试土壤  | 试验方法 | 施肥量范围 |                               |                  | 基础产量 | 最佳产量 | 最佳施肥量 |                               |                  | 增产 100kg 施肥量 |                               |                  |
|-------|------|-------|-------------------------------|------------------|------|------|-------|-------------------------------|------------------|--------------|-------------------------------|------------------|
|       |      | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |      |      | N     | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N            | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 淤黑姜土  | 正交法  | 6-18  | 2-8                           |                  | 225  | 564  | 14.0  | 4.0                           | —                | 4.1          | 1.2                           | —                |
| 淤黑姜土  | 正交法  | 5-20  | 0-8                           |                  | 386  | 643  | 12.0  | 6.0                           | —                | 4.6          | 2.3                           | —                |
| 淤黑姜土  | 回归法  | 0-24  | 0-8                           |                  | 326  | 673  | 15.5  | 5.0                           | —                | 4.5          | 1.5                           | —                |
| 旋白黑姜土 | 正交法  | 8-17  | 4-10                          |                  | 186  | 452  | 14.5  | 6.0                           | —                | 5.1          | 2.3                           | —                |
| 旋白黑姜土 | 正交法  | 10-19 | 0-6                           | 0-9              | 230  | 596  | 15.5  | 2.0                           | 5.5              | 4.3          | 0.5                           | —                |
| 黑姜土   | 正交法  | 8-17  | 0-9                           | 0-9              | 178  | 652  | 13.2  | 3.0                           | 8.9              | 2.8          | 0.63                          | 1.9              |
| 黑姜土   | 随机区组 | 15    | 7                             | 7                | 212  | 660  | 15.0  | 7.0                           | 7.0              | 3.3          | 1.6                           | 1.6              |
| 黄姜土   | 随机区组 | 15    | 5                             | 6                | 263  | 757  | 15.0  | 5.0                           | 6.0              | 3.0          | 1.0                           | 1.2              |

诚然,所谓最佳施肥量乃是个有条件的变量。不同土壤,不同肥力基础,不同年份的不同气候条件,以及不同品种和耕作管理条件都将影响作物生长和肥料利用,影响肥料反应,因而影响最佳产量和最佳施肥量。然而在通常情况下,它仍是衡量肥料反应和科学地高产施肥的重要依据之一。

## 5 玉米高产施肥方案及栽培管理技术要点

### 5.1 施肥方案的计算模式

为了拟定某地区和某些产量指标下的施肥方案,国内外不少研究者提出过计算模式。如金继运等提出了“标准二次多项式”施肥模型<sup>[20]</sup>,公式中含有 10 余个系数,涉及到土壤分析、田间试验等多种测定值,各种肥料用量,以及土壤对磷、钾的吸附系数等许多参数。又如墨西哥的 Jorge D. Etchevers B. 等提出的模式<sup>[21]</sup>:

$$\text{RATE(肥料用量)} = \frac{\text{DEM(作物需要吸收的养分量)} - \text{SUP(土壤供给的养分量)}}{\text{FUE(肥料利用效率)}}$$

但他们指出,为了获取公式中三个主要参数,必须先获得如下有关参数,如作物地上部组织(BI)、养分浓度(IR)、作物最大可能产量(MPY)、收获指数(HI)、土壤有效养分(AN)、作物吸收土壤中养分效率的系数( $E_s$ )及N、P、K肥料的利用率(FUE)等,而这些因数中有些仍是估计值。因此,他们说是“捷径”,其实非常复杂。

我们为了推广应用的方便,乃采用简便易行的所谓“基础产量一差减法”去计算。即:

$$\text{肥料用量} = \frac{(\text{目标产量} - \text{基础产量}) \times \text{作物体(干)养分含量}(\%) }{\text{肥料利用率}(\%)}$$

可以看出,本公式与上述 Jorge D. 公式的区别主要在于,这里用“土壤基础产量”取代他们的土壤养分供给能力(SUP),用“目标产量”取代他们的“最大可能产量”及“收获指数”等,从而简化了许多与土壤及作物生产有关的参数测定和估算。这是基于如下的意识,即“基础产量”一不施肥对照区的产量,是复杂的土壤环境条件特别是土壤养分供给能力的综合体现,它既有一定代表性,又比较容易获得。当然,它也有不足之处,即基础量可能会受“最低因子律”的制约。因此,我们只把据此计算结果作为“基本方案”,另外还根据最佳施肥试验所反映的规律,并参考 Olsen-P、速效钾水平或施肥史,以及土壤母质、气候及灌溉条件等因素适当加以校正。

### 5.2 玉米施肥方案

根据淮北砂姜黑土的供肥特点和玉米的需肥特点及对肥料的反应规律,(最佳施肥量的范围等),按照前述的高产施肥原则和计算公式,拟出了产量指标在 500~650kg/mu 的施肥方案概括如表 5。其中把产量指标分为 4 个档次,土壤基础产量也分成 3~4 个级别,构成 14 个施肥组合。这些组合可以直接在实践中应用,也可输入计算机,模拟出更多组合的施肥方案。

表 5 砂姜黑土上玉米高产高效施肥方案简表(kg/mu)

| 产量<br>指标 | 土壤<br>基础产量 | 增产量     | 需施肥料量     |                               |                  | 备注                   |
|----------|------------|---------|-----------|-------------------------------|------------------|----------------------|
|          |            |         | N         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |                      |
| 500      | 150~250    | 350~250 | 15.5~11.5 | 4.0~2.0                       | 6.0~4.0          | 淤黑姜土等供钾水平较高的土壤暂可不施钾肥 |
| 550      | 200~300    | 350~250 | 15.5~11.5 | 4.0~2.0                       | 6.0~4.0          | 同上                   |
| 600      | 200~350    | 400~250 | 17.5~11.5 | 5.0~2.0                       | 7.0~4.0          | 除淤黑土外,其余几种砂姜黑土皆需施钾肥  |
| 650      | 200~350    | 450~300 | 19.5~13.5 | 5.0~2.0                       | 8.0~5.0          |                      |

与小麦施肥方案<sup>[17]</sup>相比,玉米这个施肥方案特点是:增氮、节磷、补钾。即在产量指标高于小麦 50% 左右情况下,氮肥用量略有增加,磷用量减少,多数土壤补施钾肥量有所增加。为了高效,又注明在淤黑姜土等供钾能力较高的土壤上暂时可不施钾肥。同时提出了不同于其它作物的施肥方法,从而成为玉米特有的高产施肥系统。

### 5.3 玉米高产栽培管理技术要点

为了玉米高产高效且充分发挥上述施肥方案的作用,还必须配合一系列高产栽培管理措施。根据十余年来的试验和生产实践经验,针对当地存在的问题,特提出了砂姜黑土区麦茬夏玉米单产 600~650kg 的栽培管理技术要点,主要包括:(1)精选适种良种,如掖单 2 号、13 号、19 号等;(2)适期抢墒播种,如 6 月初麦收后即产茬播或随耕随播,不迟于 6 月 20 日播完;(3)因品种合理密植,如掖单 2 号亩播 4200—4500 株,掖单 13 号和 19 号亩播 3800—4000 株等;(4)采用最佳种值法,如宽窄行相间或大垅双行种值,行距分别为 75cm 和 40cm;(5)科学施肥,即重 N 节 P 补 K 并加 Zn;(6)及时防治病虫害,如用种衣剂拌种,在大喇叭口期丢药喇叭

口防治螟虫,掖单 13 号生长中后期需用乐果防治蚜虫等;(7)及时灌溉排水,如苗期需注意开沟排水,花期和灌浆期遇干旱必须灌溉等;(8)皮干完熟再收获,杜绝黄熟期即收等。

如是,则每亩穗数可达 3500—3800,每穗粒数可达 500—600 粒,千粒重可达 320—380 克,每穗粒重多在 160—220 克,每亩可产 600 公斤或更高。

这套施肥方案和管理要点在怀远万亩试区应用后,从 1990 至 1995 的 5 年间,玉米面积逐渐成倍扩大,单产逐年提高,平均由 250 余 kg/mu 提高到 500kg/mu 左右,最高田块达 800 余 kg/mu,创造了淮北玉米产量记录。而在亳、涡、蒙、怀一市三县大面积推广后,平均单产增加 100kg/mu 以上。从而证明这套技术具有较为广泛的推广应用价值。

#### 参 考 文 献

- 1 张效朴.淮北砂姜黑土区夏播玉米高产高效施肥技术.土壤,1994,26(5):253-258
- 2 李志宏等.冬小麦—夏玉米轮作条件下氮肥后效的定量研究.北京农业大学学报,1995,第 21 卷增刊:29-32
- 3 Liang B C, Mackenzie A F. Canadian Journal of Soil Science. 1994, 74(2):235-240
- 4 Kengin L Journal of Hydrology, 1994, 162(1-2):23-46
- 5 张效朴.淮北砂姜黑土区种植结构调整在农业发展中的意义.见:南京农业大学主编《农业持续发展的资源环境研究与管理》.北京:中国农业科技出版社,1994,45-49
- 6 C K Stevenson. Maximum yield research with Corn in Canada. In 14th Int. Cong. Soil., Proc. Sym. On MYR, Japan:1990, 32-52
- 7 T Yamada. Maximum Yield Research in Brazil. In: 14th Int. Cong. of Soil Science, Proc. Symposium on MYR, Japan:1990, 24-31
- 8 张俊民.《砂姜黑土综合治理研究》.合肥:安徽科技出版社,1988。
- 9 张效朴.主要作物均衡增产营养调节对策.见:周明祺等主编《淮北地区水土资源开发与治理研究》.北京:科学出版社,1992,61-73
- 10 FAO. Crop Production Levels and Fertilizer use. FAO of the U.N. Rome, 1981,27-39
- 11 J D Beaton et al., Proc. Sym. On MYR, In:FAO 14th Inter. Cong. Soil Sci., Japan: 1990,131-152
- 12 张绍林,朱兆良等.黄泛区潮土—冬小麦系统中尿素的转化和化肥氮去向.核农学报,1989,3(1):9-15
- 13 R V Olsen. Soil Sci. Soc. Am. J., 1980,44:514-517
- 14 Lian, S J Chinese Agr. Chem. Soc.1993,31(2) 200-212
- 15 Shoji S, Gande Za A T, Kimura K. N uptake by corn, Soil Sci. Soc. Am. J., 1991,55(5):1468-1473
- 16 B R Singh Plant availability of P at different temperature from previously heavily fertilizer soils (Norway). In: 15th World cong. Soil Sci. Volume 5b, Mexico, 1994,373-374
- 17 张效朴.淮北砂姜黑土区小麦高产高效的施肥技术.土壤,1994,26(1):14-18
- 18 Quaranta F. Informatore Agrario. (Italy),1991,47(15):43-47
- 19 Beg D M, Boote K J et al., (USA), 15th World Congress of Soil Sci. Vol. 5b, Mexico, 1994,318-319
- 20 金继运等.土壤养分状况系统研究法在土壤肥力研究及测土施肥中的应用.植物营养与肥料学报,1996, Vol.2, No.1:8-15
- 21 Jorge D Etchevers B. Arturo Galvis. S., Jose Rodriguez S., A system approach for determining NP fertilizer recommendation for annual crops,15th World Congress of Soil Science, Vol.5b, Mexico, 1994, 438-445