



养分精准管理对土壤—烤烟体系中的 NPK 养分利用率及产量品质的影响

(2005年曲靖养分监测村定位试验)

苏帆 付利波 陈华 洪丽芳

云南省农科院农业环境资源研究所

摘要: 本研究采用田间试验研究方法,对曲靖养分监测村植烟土壤进行NPK养分精准管理试验研究。试验结果表明,NPK三种元素中缺任何一种元素都会降低其它两种元素的肥料利用率。在一定的范围内,N肥利用率在施N量9公斤/亩、施 P_2O_5 量16公斤/亩或施 K_2O 量20公斤/亩范围内随施量的增加而提高,施用量在范围之外,N肥利用率下降。与N和K相比,烤烟对P肥的利用率较低,施N量9公斤/亩、P肥用量 P_2O_5 10公斤/亩、K肥用量 K_2O 16公斤/亩时,P肥利用率相对高些。烤烟对钾的需求量大于其它元素。施N9公斤/亩、施 P_2O_5 13公斤/亩或施 K_2O 16公斤/亩时,K肥利用率较高。

烤烟品质对NPK素营养相当敏感。缺N或施N过多导致烟叶体内化学物质的不平衡,降低烟叶总糖和蛋白质含量、提高烟碱、特别造成糖/碱比例的失调。烟叶缺P或缺K都会造成烟叶体内化学物质的失调,施P或K提高烟叶糖含量,但P或K与烟碱和蛋白质呈负相关关系。

从肥料利用率、烤烟化学品质以及烤烟经济效益综合考虑,适于曲靖养分监测村的烤烟N、 P_2O_5 、 K_2O 的用量分别7公斤/亩、13公斤/亩和16公斤/亩。

关键词: 养分管理 烤烟

烤烟是曲靖的主要经济作物,近四百万农民栽种烤烟。不过,大部分农民不知道怎样对烤烟进行科学的施肥管理。NPK的施用对烤烟的生产影响很大,科学的养分管理对提高烟叶的产量和品质有很大的作用。本文讨论了曲靖烤烟试验中不同养分用量和配比对三种大量元素NPK利用率的影响,目的是为烤烟的养分管理提供科学依据。

1、材料与方 法:

田间试验选在有代表性的曲靖新田村烟地进行。供试土壤为山原红壤。由于是曲靖养分监测村定位试验,试验前对每个处理都进行了取样分析。每个处理在耕层(15—20厘米)随机采集10公斤土样,再从中分出1.5公斤作实验室分析用。土样分析用ASI法(表1)。

除了大量元素外,其它的养分元素都在临界水平以上(表1)。从2003年起,试验结果就表明,微量元素对烤烟的生产无影响,因此,2004年和2005年在试验处理中都没有加入微量元素。为了找出N、P和K的最佳用量,在试验处理中对NPK采用了不同的配比和用量,具体肥料施用量见表2。

小区面积24平方米,试验设10个处理,四次重复,随机区组。供试肥料品种为尿素、普通过磷酸钙、氯化钾和硫酸钾,试验不用有机肥。NPK肥分两次施用(60%作基肥,40%在团棵期施用)。在所有施K的处理中,钾肥用量按1/4KCl和3/4 K_2SO_4 配合施用。供试烤烟品种为云85,种植密度为1000株/亩(株距0.6米,行距1.1米),轮作方式为小麦-烤烟。其它栽培技术按当地推荐技术进行。

2、结果与分析

2.1 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的NPK养分利用率的影响

试验结果表明(表3),OPT-P处理和OPT-K处理的N肥利用率都很低,分别为8.67%和9.13%,说明缺P和缺K处理会影响烟株对N素的吸收。N1处理、N2处理和N3处理的N肥利用率分别为33.11%、38.10%和22.83%,说明施N量在6公斤/亩和9公斤/亩范围内,N肥利用率较高,但施N12公斤/亩时,N肥利用率会大大下降,其下降达15.27个百分点。P1处理、P2处理和P3处理

表 1 烤烟移栽前试验各处理土壤主要理化性状

| 处理 | pH | OM | AA % | Ca | Mg | K | 微克/毫升土 | | | | | | | |
|----------------|-----|-----|---------|------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-----|-----|------|------|-----|
| | | | | | | | NH ₄ | P | S | B | Cu | Fe | Mn | Zn |
| 1. OPT(N2P2K2) | 6.0 | 4.9 | 0.0 | 2499 | 102.1 | 480.9 | 62.9 | 82.1 | 130.2 | 2.9 | 5.3 | 70.5 | 33.4 | 3.6 |
| 2. OPT-N | 6.4 | 3.8 | 0.0 | 2689 | 138.5 | 328.4 | 25.9 | 78 | 171.5 | 3.0 | 4.8 | 59.2 | 28.8 | 3.8 |
| 3. OPT-P | 5.8 | 4.4 | 0.0 | 2430 | 128.8 | 250.3 | 19.1 | 48.3 | 146.7 | 2.9 | 4.9 | 94.1 | 34.3 | 2.7 |
| 4. OPT-K | 6.1 | 4.3 | 0.0 | 2729 | 124 | 222.9 | 29.8 | 102.3 | 137.7 | 2.7 | 4.9 | 86 | 44.5 | 3.8 |
| 5. N1P2K2 | 6.4 | 4.3 | 0.0 | 2785 | 138.5 | 297.2 | 9.1 | 70.2 | 133.9 | 1.4 | 5.4 | 73.6 | 27.7 | 3.8 |
| 6. N3P2K2 | 6.6 | 4.2 | 0.0 | 3056 | 156.8 | 371.5 | 6.5 | 89.0 | 176.2 | 2.4 | 5.2 | 62.2 | 32.6 | 4.6 |
| 7. N2P1K2 | 6.3 | 4.6 | 0.0 | 2817 | 141 | 293.3 | 20.5 | 81.3 | 127.4 | 2.0 | 6.0 | 83.3 | 32.2 | 4.2 |
| 8. N2P3K2 | 6.4 | 4.2 | 0.0 | 2987 | 137.3 | 332.3 | 31.2 | 108.4 | 252.2 | 2.4 | 5.2 | 76.9 | 43.7 | 5.3 |
| 9. N2P2K1 | 6.2 | 4.4 | 0.0 | 2765 | 137.3 | 262 | 17.8 | 86.7 | 147.9 | 1.6 | 6 | 88.8 | 31 | 6.4 |
| 10. N2P2K3 | 6.4 | 4.3 | 0.0 | 2849 | 132.5 | 355.8 | 27.3 | 100.1 | 230.4 | 2.4 | 5.6 | 82.5 | 34.5 | 7.7 |

表 2 曲靖烤烟试验 NPK 养分处理 (公斤/亩)

| 处理 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|----------------|----|-------------------------------|------------------|
| 1. OPT(N2P2K2) | 9 | 13 | 16 |
| 2. OPT-N | 0 | 13 | 16 |
| 3. OPT-P | 9 | 0 | 16 |
| 4. OPT-K | 9 | 13 | 0 |
| 5. N1P2K2 | 6 | 13 | 16 |
| 6. N3P2K2 | 12 | 13 | 16 |
| 7. N2P1K2 | 9 | 10 | 16 |
| 8. N2P3K2 | 9 | 16 | 16 |
| 9. N2P2K1 | 9 | 13 | 12 |
| 10. N2P2K3 | 9 | 13 | 20 |

的 N 肥利用率分别为 20.24%、38.10% 和 37.053%，说明在一定的范围内，施 P 对 N 素的吸收有促进作用，施 P₂O₅ 量在 13 公斤/亩时，N 肥利用率较高，但施 P₂O₅ 量过高（16 公斤/亩），对 N 肥利用率的促进作用消失。K1 处理、K2 处理和 K3 处理的 N 肥利用率分别为 19.68%、38.10% 和 38.42%，施 K 对 N 素的吸收也有促进作用，但施 K 量超过 20 公斤/亩，对 N 素的吸收促进不大。

烤烟的烟叶和茎对磷的需求量相对较低，导致烟株对磷的低吸收率，P 肥的利用率也就相应较低（表 4）。缺 N 和缺 K 同样影响烟株对 P 素的吸收，P 肥利用率仅为 2.10% 和 1.17%。施 N 过低、过高都不利于提高 P 肥的利用率，施 N 量 9 公斤/亩时，P 肥利用率在所有处理中的值最高（4.89%）。施 P₂O₅ 10 公斤/亩和 13 公斤/亩时，P 肥利用率分别为 4.84% 和 4.89%，施 P₂O₅ 达 16 公斤/亩时，P 肥利用率反而下降至 3.97%。为了维持烟株对 P 的低吸收率，避免 P 肥不必要的浪费，P 肥用量不宜超过 P₂O₅ 10 公斤/亩。施 K₂O 12 公斤/亩、16 公斤/亩和 20 公斤/亩时，P 肥利用率分别为 3.55%、4.89% 和 4.8%，施 K 对 P 的吸收有一定的影响。

不同处理中施入钾和吸收钾间的关系见表 5。施 N 对 K 肥利用率影响很大，施 N 过高或过低对提高 K 肥利用率都不利，缺 N（OPT-N）处理 K 肥利用率仅为 16.67%，施 N 9 公斤/亩的处理 K 肥利用率高达 35.76%，施 N 12 公斤/亩处理 K 肥利用率为 28.45%。

施 P 对 K 肥利用率也有积极的影响，缺 P（OPT-P）处理 K 肥利用率仅为 17.66%，施 P₂O₅ 13 公斤/亩的处理 K 肥利用率高达 35.76%，施 P₂O₅ 16 公斤/亩处理 K 肥利用率为 33.99%。其趋势与 N 肥

表3 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的N素利用率的影响

| 处理 | 烟叶重 公斤/亩 | 烟茎重 公斤/亩 | 总N含量% | | 地上部N吸收量 公斤/亩 | 施N量 公斤/亩 | N肥 利用率% |
|----------------|-------------|-------------|-------|------|-----------------|-------------|------------|
| | | | 烟叶 | 烟茎 | | | |
| 1. OPT(N2P2K2) | 184.4 | 50.3 | 2.52 | 1.66 | 5.5 | 9.0 | 38.10 |
| 2. OPT-N | 113.8 | 34.8 | 1.45 | 1.16 | 2.1 | 0.0 | 0 |
| 3. OPT-P | 119.0 | 40.1 | 1.88 | 1.49 | 2.8 | 9.0 | 8.67 |
| 4. OPT-K | 119.5 | 40.4 | 1.89 | 1.53 | 2.9 | 9.0 | 9.13 |
| 5. N1P2K2 | 168.3 | 44.6 | 2.04 | 1.36 | 4.0 | 6.0 | 33.11 |
| 6. N3P2K2 | 161.8 | 45.3 | 2.5 | 1.65 | 4.8 | 12.0 | 22.83 |
| 7. N2P1K2 | 164.6 | 42.2 | 1.95 | 1.58 | 3.9 | 9.0 | 20.24 |
| 8. N2P3K2 | 185.5 | 48.4 | 2.48 | 1.63 | 5.4 | 9.0 | 37.05 |
| 9. N2P2K1 | 159.3 | 43.3 | 1.98 | 1.55 | 3.8 | 9.0 | 19.68 |
| 10. N2P2K3 | 187.9 | 50.1 | 2.49 | 1.66 | 5.5 | 9.0 | 38.42 |

注: 某元素当季肥料利用率 = (施肥区烟株地上部分吸收该元素的量 - 该元素空白区烟株地上部分吸收该元素的量) / 施肥肥料中该元素的量 × 100%

表4 养分精准管理对土壤—烤烟体系中的P素利用率的影响

| 处理 | 烟叶重 公斤/亩 | 烟茎重 公斤/亩 | 总P含量% | | 地上部P吸收量 公斤/亩 | 施P量 公斤/亩 | P肥 利用率% |
|----------------|-------------|-------------|-------|------|-----------------|-------------|------------|
| | | | 烟叶 | 烟茎 | | | |
| 1. OPT(N2P2K2) | 184.4 | 50.3 | 0.36 | 0.22 | 0.8 | 13.0 | 4.89 |
| 2. OPT-N | 113.8 | 34.8 | 0.31 | 0.17 | 0.4 | 13.0 | 2.10 |
| 3. OPT-P | 119.0 | 40.1 | 0.10 | 0.05 | 0.1 | 0.0 | 0 |
| 4. OPT-K | 119.5 | 40.4 | 0.19 | 0.16 | 0.3 | 13.0 | 1.17 |
| 5. N1P2K2 | 168.3 | 44.6 | 0.26 | 0.17 | 0.5 | 13.0 | 2.88 |
| 6. N3P2K2 | 161.8 | 45.3 | 0.26 | 0.19 | 0.5 | 13.0 | 2.83 |
| 7. N2P1K2 | 164.6 | 42.2 | 0.32 | 0.23 | 0.6 | 10.0 | 4.84 |
| 8. N2P3K2 | 185.5 | 48.4 | 0.36 | 0.22 | 0.8 | 16.0 | 3.97 |
| 9. N2P2K1 | 159.3 | 43.3 | 0.32 | 0.21 | 0.6 | 13.0 | 3.55 |
| 10. N2P2K3 | 187.9 | 50.1 | 0.35 | 0.21 | 0.8 | 13.0 | 4.80 |

对K肥利用率的影响一致。

在K₂O16公斤/亩以内, K肥利用率随施K量的提高而提高。施K量超过20公斤/亩, K肥利用率下降。

2.2 养分管理对烤烟品质的影响

为了评价不同处理对烟叶品质的影响, 试验对不同处理烟叶中糖、烟碱和蛋白质含量进行了分析(表9)。

烤烟品质对N素营养相当敏感, N通过影响烟叶里的糖、烟碱和蛋白质来影响烤烟的品质。与OPT处理相比, OPT-N处理(缺N)和N过多(12公斤/亩)分别降低烟叶总糖含量8.66和1.09个百分点、分别提高烟碱0.42和1.46个百分点、OPT-N处理降低蛋白质含量1.32个百分点, 但施N12公斤/亩提高蛋白质的含量1.32个百分点, 缺N和施N过多导致烟叶体内化学物质的不平衡, 特别造成糖/碱比例的失调。同样, P和K也是通过烟株体内的一些重要生物化学因子(如糖、烟碱和蛋白质)来影响烟

表 5 养分精准管理对土壤-烤烟体系中的 K 素利用率的影响

| 处理 | 烟叶重 公斤/亩 | 烟茎重 公斤/亩 | 总 K 含量 % | | 地上部 K 吸收量 公斤/亩 | 施 K 量 公斤/亩 | K 肥 利用率 % |
|----------------|-------------|-------------|----------|------|-------------------|---------------|--------------|
| | | | 烟叶 | 烟茎 | | | |
| 1. OPT(N2P2K2) | 184.4 | 50.3 | 3.14 | 2.42 | 7.0 | 16.0 | 35.76 |
| 2. OPT-N | 113.8 | 34.8 | 2.87 | 1.98 | 4.0 | 16.0 | 16.67 |
| 3. OPT-P | 119.0 | 40.1 | 2.82 | 1.89 | 4.1 | 16.0 | 17.66 |
| 4. OPT-K | 119.5 | 40.4 | 0.82 | 0.76 | 1.3 | 0.0 | 0 |
| 5.N1P2K2 | 168.3 | 44.6 | 2.76 | 2.38 | 5.7 | 16.0 | 27.63 |
| 6. N3P2K2 | 161.8 | 45.3 | 2.95 | 2.35 | 5.8 | 16.0 | 28.45 |
| 7. N2P1K2 | 164.6 | 42.2 | 2.75 | 2.29 | 5.5 | 16.0 | 26.27 |
| 8. N2P3K2 | 185.5 | 48.4 | 2.99 | 2.44 | 6.7 | 16.0 | 33.99 |
| 9. N2P2K1 | 159.3 | 43.3 | 2.74 | 1.91 | 5.2 | 12.0 | 32.54 |
| 10. N2P2K3 | 187.9 | 50.1 | 3.13 | 2.41 | 7.1 | 20.0 | 29.02 |

叶的品质。烟叶缺 P 或缺 K 都会造成烟叶体内化学物质的失调,OPT-P 处理降低总糖含量 3.18 个百分点,提高烟碱 1.4 个百分点, OPT-K 处理降低总糖含量 3.75 个百分点,提高烟碱 1.23 个百分点。施 P 提高烟叶糖含量 1.99~3.23 个百分点,施 K 提高烟叶糖含量 2.03~4.04 个百分点。但 P 或 K 与烟碱和蛋白质呈负相关关系,施 P 降低烟碱含量 0.06~0.97 个百分点,施 K 降低烟碱含量含量 0.02~1.12 个百分点。施 P 降低蛋白质含量 0.05~0.29 个百分点,施 K 降低蛋白质含量 0.01~0.37 个百分点。

表 6 不同 NPK 用量对烤烟品质的影响

| 处理 | 总糖 % | 烟碱 % | 蛋白质 % | 糖 / 碱 |
|---------------|-------|------|-------|-------|
| 1.OPT(N2P2K2) | 27.61 | 3.10 | 11.24 | 8.91 |
| 2.OPT-N | 18.95 | 3.52 | 9.92 | 5.38 |
| 3.OPT-P | 24.43 | 4.50 | 11.33 | 5.43 |
| 4.OPT-K | 23.86 | 4.33 | 11.69 | 5.51 |
| 5.N1P2K2 | 27.38 | 3.82 | 11.15 | 7.17 |
| 6.N3P2K2 | 26.52 | 4.56 | 12.56 | 5.82 |
| 7.N2P1K2 | 26.42 | 4.44 | 11.28 | 5.95 |
| 8.N2P3K2 | 27.66 | 3.53 | 11.04 | 7.84 |
| 9.N2P2K1 | 25.89 | 4.32 | 11.59 | 5.99 |
| 10.N2P2K3 | 27.90 | 3.21 | 11.32 | 8.69 |

2.3 养分管理对烤烟经济效益的影响

烤烟是高投入、高产出的经济作物。对农民来说,烤烟的产值比产量更重要。表 7 对烤烟的产量、产值和成本进行了统计。由于每个处理肥料用量不同,所以成本也不一样,每个处理最后的经济效益是扣除各自的成本后的净收益。同最佳处理相比(N2P2K2),缺 N 处理的净收益下降了 47.98%,缺磷处理下降了 5.82%,缺钾处理下降了 23.53%。N1 和 N3 处理净收益分别下降 14.7%和 6.71%,P1 处理净收益下降 3.99%,但 P3 处理净收益提高 6.52%,K1 和 K3 处理净收益分别提高 1.07%和 6.86%。由此可见,施 N 量在 9 公斤/亩比较合适,过低或过高都会影响烤烟的经济效益;施 P₂O₅ (10 公斤/亩) 过低没有经济效益,施磷量在 13~16 公斤/亩间经济效益较好,施钾量 13 公斤/亩效益最高。

表7 养分管理对烤烟经济效益的影响

| 处理 | 产量 | | | 产值 | | | 成本 元/亩 | 净收益 (元/亩) | 比OPT ± % |
|----------------|------------------|---------|---------|-----------------|---------|---------|-----------|--------------|-------------|
| | 公斤/亩 | 5% dif. | 1% Dif. | 元/亩 | 5% dif. | 1% Dif. | | | |
| 1. OPT(N2P2K2) | 184.4 | a | A | 1394.2 | abc | AB | 181.9 | 1212.3 | 0 |
| 2. OPT-N | 113.8 | d | C | 781.2 | e | D | 150.6 | 630.7 | -47.98 |
| 3. OPT-P | 119.0 | d | C | 1290.4 | bc | ABC | 148.7 | 1141.8 | -5.82 |
| 4. OPT-K | 119.5 | d | C | 1051.6 | d | C | 124.5 | 927.1 | -23.53 |
| 5. N1P2K2 | 168.3 | b | B | 1205.6 | cd | BC | 171.4 | 1034.1 | -14.70 |
| 6. N3P2K2 | 161.8 | bc | B | 1323.2 | abc | AB | 192.3 | 1130.9 | -6.71 |
| 7. N2P1K2 | 164.6 | bc | B | 1338.1 | abc | AB | 174.2 | 1163.8 | -3.99 |
| 8. N2P3K2 | 185.5 | a | A | 1480.8 | ab | A | 189.5 | 1291.3 | 6.52 |
| 9. N2P2K1 | 159.3 | c | B | 1392.8 | abc | AB | 167.5 | 1225.3 | 1.07 |
| 10. N2P2K3 | 187.9 | a | A | 1491.7 | a | A | 196.2 | 1295.5 | 6.86 |
| 方差分析 | F 处理间 =129.243** | | | F 处理间 =10.403** | | | | | |
| | F 区组间 =1.8 | | | F 区组间 =2.004 | | | | | |

注:烟价(按烟叶部位):上二12.6元/公斤 上三8.30元/公斤 上四5.10元/公斤 中三13.6元/公斤 中四11.2元/公斤 下二10.00元/公斤 下三8.3元/公斤 下四4.6元/公斤

尿素价格:1.6元/公斤;普钙:0.46元/公斤;氯化钾:1.4元/公斤;硫酸钾:2.0元/公斤;烘烤及薄膜成本:900元/公顷

3、结论

3.1 缺P或缺K处理会影响烟株对N素的吸收,处理中N肥利用率很低。施N量在9公斤/亩范围内,N肥利用率随施N量的增加而提高,但施N12公斤/亩时,N肥利用率会大大下降。在一定的范围内,施P对N素的吸收有促进作用,施P量在13公斤/亩时,N肥利用率较高,但施P量过高(16公斤/亩),对N肥利用率的促进作用消失。施K对N素的吸收也有促进作用,但施K量超过20公斤/亩,对N素的吸收促进不大。

3.2 烤烟的烟叶和茎对磷的需求量相对低,导致烟株对磷的低吸收率,P肥的利用率也就相应低。缺N和缺K同样影响烟株对P素的吸收。施N过低、过高都不利于提高P肥的利用率,施N量9公斤/亩时,P肥利用率在所有处理中的值最高;为了维持烟株对P的低吸收率,避免P肥不必要的浪费,P肥用量不宜超过10公斤/亩;施钾16公斤/亩,P肥利用率最高。

3.3 烤烟是钾的指示性作物,烤烟对钾的需求量大于其它元素。施N对K肥利用率影响很大,施N过高或过低对提高K肥利用率都不利,施N9公斤/亩的处理K肥利用率最高(35.76%)。施P对K肥利用率也有积极的影响,施P13公斤/亩的处理K肥利用率最高。在16公斤/亩范围内,K肥利用率随施K量的提高而提高。施K量超过20公斤/亩,K肥利用率下降。

3.4 烤烟品质对N素营养相当敏感,N通过影响烟叶里的糖、烟碱和蛋白质来影响烤烟的品质。合理施N(9公斤/亩)提高蛋白质的含量,缺N或施N过多导致烟叶体内化学物质的不平衡,降低烟叶总糖和蛋白质含量、提高烟碱、特别造成糖/碱比例的失调。同样,P和K也是通过烟株体内的一些重要生物化学因子(如糖、烟碱和蛋白质)来影响烟叶的品质。烟叶缺P或缺K都会造成烟叶体内化学物质的失调。施P或施K都会提高烟叶糖含量。但P或K与烟碱和蛋白质的关系呈负相关。

3.5 施N量在9公斤/亩比较合适,过低或过高都会影响烤烟的经济效益;施P(10公斤/亩)过低没有经济效益,施P量在13公斤/亩~16公斤/亩间经济效益较好,施钾量13公斤/亩效益最高。

综上所述,从肥料利用率、烤烟化学品质以及烤烟经济效益综合考虑,适于曲靖养分监测村的烤烟N、P₂O₅、K₂O的用量分别为9公斤/亩、13公斤/亩和16公斤/亩。为了保持植烟土壤养分收支平衡,提高烤烟的品质,增加农民的收入,促进曲靖农业的可持续发展,养分的精准管理是非常必要的。