

不同浓度硼锌互作对烤烟色素及主流烟气中羰基化合物和香气物质的影响

王 衡,王小生,查文菊,张豹林* (云南省烟草公司曲靖市公司,云南曲靖 655000)

摘要 [目的]研究硼锌微量元素配合施用对烤烟色素及主流烟气中羰基化合物和香气物质的影响。[方法]采用硼肥与锌肥双因子大田试验,分析不同硼肥与锌肥水平对烤烟色素、烟气羰基化合物和香气物质的影响。[结果] T_3 (5 g/L 硼+4 g/L 锌)处理烟叶质体色素含量增加最多, T_4 (10 g/L 硼+2 g/L 锌)处理各色素含量较其他处理减少; T_3 和 T_4 处理对减少主流烟气羰基化合物的作用最显著。 T_5 (10 g/L 硼+4 g/L 锌)处理对香气物质含量的促进作用最大,作用效果最佳,尤其对类胡萝卜素类致香物质提升作用明显。[结论]该研究为烟草微量元素平衡施肥提供科学依据。
关键词 硼;锌;硼锌互作;色素;羰基化合物;香气物质
中图分类号 TS41⁺1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)18-0018-04

Effects of Different Concentrations of Boron and Zinc on Pigment Flue-cured Tobacco, Carbonyl Compounds and Aroma Components in the Mainstream Smoke

WANG Heng, WANG Xiao-sheng, ZHA Wen-ju, ZHANG Bao-lin* (Tobacco Company of Qujing in Yunnan Province, Qujing, Yunnan 655000)

Abstract [Objective] To study effects of different concentrations of boron and zinc on pigment of flue-cured tobacco, carbonyl compounds and aroma components in mainstream smoke. [Method] Using the boron and zinc fertilizer double factor field experiment, and effects of different boron and zinc fertilizer on pigment, carbonyl compounds, aromatic components were analyzed. [Result] The content of plastid pigment in tobacco leaves increased in T_3 (5 g/L boron + 4 g/L zinc) treatment, and the pigment content of T_4 (10 g/L boron + 2 g/L zinc) was lower than that of other treatments. T_3 and T_4 had the most significant effect on reducing the carbonyl compounds in mainstream smoke. The effect of T_5 (10 g/L boron + 4 g/L zinc) on aroma content was the greatest, and the effect was the best, especially for the carotenoid aroma compounds. [Conclusion] The study provides scientific evidence for microelements balanced fertilization of tobacco.

Key words Boron; Zinc; Boron and zinc; Pigment; Carbonyl compounds; Aroma component

硼是烟草必需的微量元素之一,在烟株生理生化过程中起着重要作用^[1-2],同时也是烟株维管束发育所必需的微量元素^[3]。施用硼肥可以改善烟叶内在化学成分的协调性和叶含钾量^[4],促进烟株生长发育,增加烤烟的产量和产值,促进中下部烟叶提前落黄采收^[5-6]。锌是很多酶的组成成分或活化剂,对烟株代谢有较大影响。研究表明,配施锌肥可促进烟株根茎叶协调生长^[7]。

研究表明,土壤有效硼含量低于 0.4 mg/kg 时会因缺硼而影响烟叶品质,而当土壤有效硼含量高于 1.0 mg/kg 时,就会出现硼毒害而降低烟叶质量^[8]。因此,必须通过施肥措施来补充和调节养分供应,保证烟株正常生长。研究单一微量元素对烤烟产量和质量的影响,虽然对生产有一定的指导意义,但生产中往往将不同元素共同施用,如能研究硼锌元素配合施用对烟叶的影响,将更契合生产实际。为此,笔者

对微量元素硼、锌营养状况及其施肥效应进行了研究,旨在为烟草微量元素平衡施肥提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试烤烟品种为中烟 100。

1.2 试验设计 试验设 5 个处理,每个处理设 3 次重复,采用随机区组排列。硼设置 2 个浓度为 5 g/L (A_1) 和 10 g/L (A_2),锌设置 2 个浓度为 2 g/L (B_1) 和 4 g/L (B_2)。 T_1 为清水对照 (CK), T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理分别为 $A_1 + B_1$ (5 g/L 硼 + 2 g/L 锌)、 $A_1 + B_2$ (5 g/L 硼 + 4 g/L 锌)、 $A_2 + B_1$ (10 g/L 硼 + 2 g/L 锌)、 $A_2 + B_2$ (10 g/L 硼 + 4 g/L 锌)。

1.3 数据分析 试验数据采用 Microsoft Excel 2010 软件进行初步整理,采用 SPSS 21.0 版软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同浓度硼锌互作对烤烟色素含量的影响 由表 1 可

表 1 不同浓度硼锌互作对烟叶质体色素含量的影响

Table 1 Effects of different concentrations of boron and zinc on the pigment content of flue cured tobacco mg/g

处理 Treatments	叶绿素 a Chlorophyll a	叶绿素 b Chlorophyll b	叶绿素 c Chlorophyll c	类胡萝卜素 Carotenoids	质体色素 Plastid pigment
T_1 (CK)	0.017 4 dD	0.009 4 cC	0.026 8 dD	0.226 9 eE	0.253 7 dD
T_2	0.023 1 cC	0.009 4 cC	0.032 5 cC	0.250 8 cC	0.283 3 cC
T_3	0.037 6 aA	0.029 6 aA	0.067 2 aA	0.263 5 aA	0.330 7 aA
T_4	0.013 5 eE	0.006 3 dD	0.019 8 eE	0.228 7 dD	0.248 5 eE
T_5	0.033 8 bB	0.026 5 bB	0.060 3 bB	0.258 8 bB	0.319 0 bB

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$);不同大写字母表示处理间差异极显著 ($P < 0.01$)
Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

知, T_1 与 T_2 叶绿素 b 之间差异未达显著水平,其他处理间差异极显著;叶绿素 a 和类胡萝卜素在各处理间差异极显著。与对照 T_1 相比,只有 T_4 中质体色素含量极显著降低,其他处理

质体色素含量均有不同程度的增加,且呈极显著差异。

2.2 不同浓度硼锌互作对主流烟气中羰基化合物含量的影响 由表 2 可知,与对照 T₁ 相比,硼锌互作对卷烟主流烟气羰基化合物释放量有显著影响,除乙醛、丙酮和 2-丁酮外,其他羰基化合物释放量均减少;与 T₁ 相比,各处理甲醛和巴豆醛减少量达显著水平,T₃ 和 T₄ 效果最显著;乙醛含量由低到高依次为 T₃、T₄、T₂、T₁、T₅,丙醛含量由低到高依次为 T₃、T₄、T₂、T₅、T₁,T₁ 与 T₅、T₂ 与 T₄、T₃ 与 T₄ 差异均不显著;丙酮

含量由低到高依次为 T₂、T₅、T₃、T₁、T₄,T₂ 与 T₅ 差异不显著;丙烯醛含量由低到高依次为 T₄、T₃、T₂、T₅、T₁,T₁ 与 T₅、T₂ 与 T₃、T₃ 与 T₄ 差异不显著;2-丁酮含量由低到高依次为 T₃、T₂、T₅、T₁、T₄,各处理与 T₁ 差异不显著;丁醛含量由低到高依次为 T₃、T₂、T₄、T₅、T₁,T₁ 与 T₅、T₂ 与 T₃、T₄ 与各处理差异不显著;其他处理间差异显著。综合 8 种羰基化合物释放量分析,T₃ 和 T₄ 对减少主流烟气羰基化合物的作用最显著。

表 2 不同浓度硼锌互作对主流烟气中羰基化合物含量的影响

Table 2 Effects of different concentrations of boron and zinc on the concentration of carbonyl compounds in mainstream flue gas									μg/g
处理 Treatments	甲醛 Formaldehyde	乙醛 Acetaldehyde	丙酮 Acetone	丙烯醛 Acrolein	丙醛 Propanal	巴豆醛 Crotonaldehyde	2-丁酮 2-butanone	丁醛 Butyl aldehyde	
T ₁ (CK)	57.41 a	500.05 a	323.06 b	44.11 a	83.59 a	22.50 a	70.83 ab	34.64 a	
T ₂	50.25 b	449.03 b	302.52 c	37.93 b	70.17 b	20.55 b	69.13 b	26.63 b	
T ₃	42.76 cd	401.47 c	310.00 b	32.13 bc	63.65 c	17.95 c	66.12 b	25.81 b	
T ₄	39.59 d	425.33 bc	348.86 a	30.02 c	66.47 bc	20.19 b	75.21 a	30.09 ab	
T ₅	43.55 c	509.86 a	305.91 c	43.72 a	79.88 a	20.00 b	70.37 ab	32.05 a	

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)
Note:Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level

2.3 不同浓度硼锌互作对烤烟香气物质含量的影响

2.3.1 类胡萝卜素降解物。由表 3 可知,在所测定的 15 种类胡萝卜素类香气物质中,所有处理均以 β-大马酮、法尼基丙酮含量相对较高,其次是 β-二氢大马酮、香叶基丙酮。各处理烟叶的类胡萝卜素类香气成分含量与对照相比,除 T₄

香气物质成分含量减少外,其他处理香气物质成分均增加,T₂、T₃ 和 T₅ 分别比对照增加了 15.42%、24.30%、27.71%,T₄ 比对照减少了 37.38%。T₃ 与 T₅ 之间差异不显著,其他处理之间均存在极显著差异。

表 3 不同浓度硼锌互作对类胡萝卜素降解物含量的影响

Table 3 Effects of different concentrations of boron and zinc on carotenoid degradation content									μg/g
处理 Treatments	异佛尔酮 Isophorone	氧化异佛尔酮 Trimethyl-2,3-epoxycyclohexanon	β-环柠檬醛 Beta-ringed citral	β-大马酮尾 β-damascenone	β-二氢大马酮 Beta-dihydromethadone	3-羟基-β-二氢大马酮 3-hydroxy-beta dihydromethadone	香叶基丙酮 Geranylacetone	二氢猕猴桃内酯 Dihydrogen kiwi	
T ₁ (CK)	1.465 5	1.806 6	0.607 6	19.914 1	15.298 9	0.911 2	10.193 7	2.546 4	
T ₂	2.415 6	3.466 3	0.610 5	20.671 1	15.576 9	0.943 9	13.011 0	2.812 8	
T ₃	0.635 1	0.721 3	0.718 1	26.165 7	16.604 4	1.475 9	13.574 4	3.466 2	
T ₄	0.650 8	0.760 1	0.451 0	14.540 0	6.745 5	0.649 8	10.119 8	1.658 2	
T ₅	1.237 7	1.503 5	0.787 9	24.805 8	16.911 6	1.075 7	15.767 1	3.132 5	

处理 Treatments	巨豆三烯酮 1 Megastigmatrienone 1	巨豆三烯酮 2 Megastigmatrienone 2	巨豆三烯酮 3 Megastigmatrienone 3	巨豆三烯酮 4 Megastigmatrienone 4	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-heptene-2-ketone	6-甲基-5-庚烯-2-醇 6-methyl-5-hept-2-alcohol	法尼基丙酮 Nicky acetone	总量 The total content
T ₁ (CK)	0.958 8	3.252 0	0.866 0	5.892 4	0.495 9	2.438 3	19.878 5	86.525 9 cC
T ₂	0.971 4	3.615 9	0.906 5	6.408 9	0.480 5	2.537 3	25.443 2	99.871 8 bB
T ₃	0.852 9	3.143 2	0.905 4	6.098 9	0.414 8	2.673 7	30.104 2	107.554 2 aA
T ₄	0.414 9	1.326 8	0.372 3	2.768 7	0.438 7	2.203 9	11.085 3	54.185 8 dD
T ₅	0.857 0	3.109 6	0.835 4	5.762 4	0.514 6	3.567 7	30.631 7	110.500 2 aA

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05);不同大写字母表示处理间差异极显著(P<0.01)
Note:Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level;Different capital letters stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

2.3.2 棕色化产物类香气物质。由表 4 可知,与对照相比,不同浓度硼锌互作仅 T₃ 棕色化产物类香气物质总含量增加,增加 11.76%;T₂、T₄ 和 T₅ 均减少,减少分别为 10.65%、55.10%、1.53%。T₁ 与 T₂、T₃ 和 T₅ 未达显著差异水平,与 T₄ 达极显著差异水平,T₅ 与 T₂ 和 T₃ 差异不显著,其他处理之间差异显著。

2.3.3 苯丙氨酸类降解产物。由表 5 可知,与对照相比,T₂

除苯甲醇含量减少外,其他产物含量均增加;T₃ 苯甲醛和苯乙醛含量增加,苯乙醇和苯乙醛含量减少;T₄ 各产物含量均较少;T₅ 苯乙醛含量增加,其他产物含量均减少。T₂、T₃、T₄、T₅ 苯丙氨酸类降解产物总量均减少,分别减少 3.92%、2.98%、66.35%、16.40%,T₁ 与 T₂、T₃ 和 T₅ 未达显著差异水平,与 T₄ 达极显著差异水平。

2.3.4 西柏烷类致香物质。由图 1 可知,与 T₁ 相比,T₅ 能

提高烟叶中类西柏烷类致香物质含量,提高了 1.87%;而其他处理均降低该类致香物质的含量,分别降低了 4.86%、16.31%、11.37%。T₁ 与 T₂ 和 T₅、T₂ 与 T₄、T₃ 与 T₅ 间差异不显著,其他处理之间差异显著。

表 4 不同浓度硼锌互作对棕色化产物类香气物质含量的影响

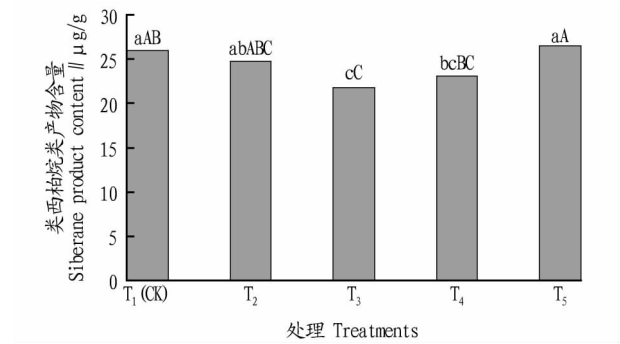
Table 4 Effects of different concentrations of boron and zinc on brown aromas product content							μg/g
处理 Treatments	糠醛 Furfural	糠醇 Furfuryl alcohol	2-乙酰基呋喃 2-acetyl furan	3,4-二甲基-2,5-呋喃二酮 3,4-dimethyl-2,5-furan	5-甲基糠醛 5-methyl furfural	2-乙酰基吡咯 2-acetylpyrrole	总量 The total content
T ₁ (CK)	10.940 5	0.756 7	0.299 5	1.643 6	0.221 3	0.081 9	13.943 5 abA
T ₂	9.414 0	0.529 0	0.333 1	1.783 4	0.323 1	0.076 5	12.459 1 bA
T ₃	11.515 8	0.934 7	0.309 4	2.510 7	0.201 8	0.110 3	15.582 7 aA
T ₄	4.951 8	0.201 0	0.193 1	0.625 8	0.214 3	0.074 3	6.260 3 cB
T ₅	10.065 5	0.715 7	0.282 4	2.439 5	0.169 7	0.057 3	13.730 1 abA

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)
Note:Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level;Different capital letters stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

表 5 不同浓度硼锌互作对苯丙氨酸类降解产物含量的影响

Table 5 Effects of different concentrations of boron and zinc on phenylalanine degradation product content						μg/g
处理 Treatments	苯甲醇 Benzyl alcohol	苯甲醛 Benzaldehyde	苯乙醇 Benzene ethanol	苯乙醛 Benzene acetaldehyde	苯丙氨酸类产物总量 The total content	
T ₁ (CK)	5.177 2	1.965 4	2.625 5	1.781 6	11.549 7	aA
T ₂	3.371 4	2.263 6	2.984 4	2.478 0	11.097 4	aA
T ₃	5.495 6	0.772 1	2.225 9	2.711 7	11.205 3	aA
T ₄	1.024 0	0.707 8	0.751 5	1.403 4	3.886 7	bB
T ₅	3.784 3	1.074 2	2.095 5	2.701 1	9.655 1	aA

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)
Note:Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level;Different capital letters stand for significant differences between different treatments at 0.01 level



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)
Note:Different lowercases stand for significant differences between different treatments at 0.05 level,different capital letters stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

图 1 不同浓度硼锌互作对烤后烟叶类西柏烷类产物含量的影响

Fig.1 Effects of different concentrations of boron and zinc on the siberane products content

2.3.5 新植二烯和其他类别致香物质。由表 6 可知,与 T₁ 相比,T₂、T₃ 和 T₅ 能提高烟叶中新植二烯含量,分别提高了 9.48%、7.46% 和 10.80%,而 T₄ 减少了 35.33%。烟叶中新植二烯含量除 T₂ 和 T₅ 未达极显著差异外,其他处理间均差异显著。其他 7 种致香物质,T₂ 愈创木酚、螺岩兰草酮、藏花醛和 2,6-壬二烯醛含量增加;T₃ 芳樟醇、面包酮、螺岩兰草酮和 2,6-壬二烯醛含量增加;T₄ 4-乙基-2-甲氧基苯

酚含量增加;T₅ 芳樟醇、愈创木酚、螺岩兰草酮和藏花醛含量增加;其余含量均减少。7 种其他致香物质总量,与 T₁ 相比,仅 T₅ 总量增加,增加了 4.52%;而 T₂、T₃ 和 T₄ 含量均减少,分别减少了 6.72%、8.64% 和 17.89%,T₁ 与 T₂、T₃ 和 T₅ 未达极显著差异,与 T₄ 差异极显著。

3 结论与讨论

综合烟叶质体色素含量对比分析,T₃ 处理烟叶质体色素含量增加最多,即 T₃ 质体色素降解量最少;T₄ 各色素含量较其他处理减少,即 T₄ 处理质体色素降解比较充分。综合 8 种羰基化合物释放量分析,T₃ 和 T₄ 对减少主流烟气羰基化合物的作用最显著。

由致香成分分析可知,在检测出的 34 种对烟叶致香成分有较大影响的化合物中,含有 15 种类胡萝卜素类香气物质,T₅ 含量最高,T₃ 与 T₅ 差异不显著,其他处理之间均存在极显著差异。6 种棕色化产物类香气物质总量,仅 T₃ 含量增加,T₃ 与 T₅ 未达显著差异水平。苯丙氨酸降解产物总量均减少,但 T₁ 与 T₂、T₃ 和 T₅ 差异不显著。类西柏烷类(茄酮)与 T₁ 相比,T₅ 含量增加,其他处理含量均减少,T₁ 与 T₂ 和 T₅ 差异不显著。新植二烯是叶绿素的降解产物,对烤烟香气的提高具有积极影响,T₂、T₃ 和 T₅ 均能提高烟叶中新植二烯含量。由此可知,T₂、T₃ 和 T₅ 可以提高烟叶致香物质含量,协调性增加。总体而言,T₅ 对香气物质含量的促进作用最大,作用效果最佳,尤其对类胡萝卜素类致香物质提升作用明显。

表 6 不同浓度硼锌互作对烤后烟叶新植二烯和其他类别致香物质含量的影响

Table 6 Effects of different concentrations of boron and zinc on content of neophytadiene and other kinds of special aroma material

处理 Treatments	新植二烯 Neophytadiene	芳樟醇 Linalool	面包酮 Bread ketone	愈创木酚 Methyl catechol	螺岩兰草酮 Screw vetiver ketone	藏花醛 Saffron aldehyde	4-乙基-2- 甲氧基苯酚 4-ethyl-2- methoxide	2,6-壬二 烯醛 2, 6- nonylaldehyde	除新植二烯总量 The total content except neophytadiene
T ₁ (CK)	986.459 1 dC	1.258 1	0.148 5	0.941 1	0.336 0	0.200 4	1.457 9	0.542 4	4.884 4 aAB
T ₂	1 080.000 0 bA	1.242 6	0.129 8	1.335 8	0.529 4	0.316 6	0.454 2	0.547 6	4.556 0 bB
T ₃	1 060.000 0 cB	1.514 6	0.154 0	0.922 7	0.510 0	0.148 9	0.611 7	0.600 5	4.462 4 bB
T ₄	637.909 6 eD	0.855 9	0.119 8	0.668 0	0.158 0	0.091 6	1.585 7	0.531 5	4.010 5 cC
T ₅	1 093.000 0 aA	1.918 7	0.127 2	1.111 5	0.403 8	0.229 4	0.821 3	0.493 4	5.105 3 aA

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)
Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; Different capital letters stand for significant differences between different treatments at 0.01 level

参考文献

[1] 冯冰清,罗鹏涛,孔淑珍,等. 微量元素和镁对提高烟叶品质产量的研究[J]. 烟草科技,1989(1):39-41.
[2] 简贵才,朱正容. 微量元素对烤烟产质的影响[J]. 云南烟草科技,1987(2):44-47,56.
[3] 崔国明,黄必志,柴家荣,等. 硼对烤烟生理生化及产质量的影响[J]. 中国烟草科学,2000(3):14-18.
[4] 徐晓燕,周初跃,李卫芳,等. 钾、硼和茶乙酸对烟株生长及钾吸收分配影响的研究[J]. 土壤,2002(2):82-85.
[5] 张延春,陈治锋,龙怀玉,等. 叶面喷施硼肥对烤烟农艺性状和经济性状的影响[J]. 土壤肥料,2005(4):19-21,32.
[6] 李章海,丁伟. 烟草生产理论与技术[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2002.
[7] 宋斌. 微量元素铜、锌对烤烟产量、品质的影响[J]. 三明农业科技,1995(1):20-22.
[8] 尹小怀,肖祯林,何富国,等. 两种微量元素肥料对烤烟产量和产值的影响[J]. 云南农业大学学报,2005,20(4):597-599.

(上接第 17 页)

1.0~1.5 m。据 3 个 5 m×5 m 的样方调查。以短尾越桔、朱砂根、黄栀子、桃金娘为主。

群落草本层种类比较单一,盖度在一般也在 25% 左右,高度则在 0.5 m 左右。据 3 个 2 m×2 m 的样方调查,组成种类以芒箕占主要优势,其他常见的有淡竹叶、弓果黍、扇叶铁线蕨等草本植物。

2.3.4 竹林。竹林大部分为人工林,毛竹林是竹林中分布最广的群落类型。在湿地公园零星分布,多分布于水湿条件较好的山谷地段,但林分生长一般,难见大径竹子,植株高在 7~10 m,胸径在 5~8 cm,有时林内偶伴生一些其他树种,如枫香、荷木等,毛竹林下一般较空旷,盖度低,由于分布区水湿条件较好,灌木较丰富,常见的有六月雪、乌药、毛鳞省藤(*Calamus thysanolepis*)、欐木等为主,盖度在 30% 左右。草本常见的有芒萁、淡竹叶、苔草,盖度一般在 20% 左右。

2.3.5 沼泽植被。沼泽植被主要是鼠尾草+铺地黍+飘拂草群落。在该湿地公园主要分布在水库水源入口二岸、退耕农田及水库边缘滩涂。群落组成种类稍简单,据 3 个 1 m×1 m 样方调查,有 12 种植物,盖度在 80% 左右。以鼠尾草、铺地黍、飘拂草等为主。

2.3.6 栽培植被。栽培植被可分为木本栽培植被和草本栽培植被 2 大类。农田湿地公园主要植被类型之一,主要分布在水库周边。由于湿地公园需要,原来水稻田大部分都已退耕,生长出以菊科、禾本科、莎草科为主的暖性灌草丛类型。湿地公园内有小面积的旱地、田地种植花生、番薯、辣椒、蔬菜等作物,为当地居民提供了生活所需。

3 植物多样性受威胁状况及保护对策

经调查、分析,该保护区植物多样性的威胁因子主要表

现在 4 个方面:一是部分入库河流水质受到威胁;二是库周村民生产生活污染直排;三是入侵物种滋生;四是农业面源污染。因此,采取切实有效的措施保护好该地区的植物多样性刻不容缓。依据湿地生态保护优先、湿地生态恢复为辅和可操作性等原则,结合孔江湿地面临的主要生态环境问题,提出孔江湿地生物多样性保护与恢复工程方案:一是水质保育,包括入库河流截污、入库河流段种植大型高等水生植物、村民生活污染统一处理后排放、建设生态隔污缓冲带、农业面源污染防治等^[7];二是水岸恢复,保护好现有的良好水岸生态系统,恢复或修复已被破坏或缺失的水岸;三是科研监测体系建设,建设水文水质监测系统,动植物固定监测样线;四是可持续利用,通过湿地生态旅游、科研合作、公众参与等可持续开发利用湿地公园资源,保护湿地植物多样性^[8-10]。

参考文献

[1] 傅德志,傅立国,左家脯,等. 中国被子植物物种多样性现状及其保护[M]//宋延龄,杨亲二,黄永青. 物种多样性研究与保护. 杭州:浙江科学技术出版社,1998:48-49.
[2] 孙儒泳,李博,诸葛阳,等. 普通生态学[M]. 北京:高等教育出版社,1993:131-140.
[3] 侯宽昭编,吴德邻等修订. 中国种子植物科属词典[M]. 2 版. 北京:科学出版社,1998.
[4] 吴兆洪,秦仁昌. 中国蕨类植物科属志[M]. 北京:科学出版社,1991.
[5] 吴征镒,周浙昆,李德林,等. 世界种子植物科的分布区类型系统[J]. 云南植物研究,2003,25(3):245-257.
[6] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究,1991(S4):1-139.
[7] 赵顺,何明华,彭文鹰. 广东孔江湿地生物多样性保护与生态恢复工程[J]. 湿地科学与管理,2016,12(1):30-33.
[8] 赵魁义,何舜平,李伟. 中国湿地生物多样性研究[J]. 中国科学院院刊,2010,25(6):659-667.
[9] 颜俊. 中国湿地生物多样性资源的保护及其可持续开发[J]. 贵州教育学院学报(自然科学),2006,17(2):89-93.
[10] 蒋明康,周泽江,贺苏宁. 中国湿地生物多样性的保护和持续利用[J]. 东北师大学报(自然科学版),1998(2):79-84.