植物营养与肥料学报 2009,15(1):219-224
Plant Nutrition and Fertilizer Science

山东棕壤茶园幼龄茶树叶片黄化病因诊断与防治研究

姚元涛[1],刘 谦[1],张丽霞[1*],王日为[2]
(1 山东农业大学园艺科学与工程学院,山东泰安,271018;2 山东农业大学化学与材料科学学院,山东泰安,271018)

摘要:在山东 pH 偏高(>6.5)的棕壤幼龄茶园中,茶树容易发生失绿黄化病症,严重影响了新建茶园的成园速度。为了探明该病害的发生原因,分析了茶园土壤 pH、有机质、养分状况和不同病害程度叶片中与叶色有关的 6 种无机元素含量,并对患病植株进行了叶面喷施 N、Mg、Fe、Mn、Cu 和 Zn 肥的防治效果研究。结果表明,土壤中有效 N 含量低是导致茶树下部成叶黄化的原因,喷施尿素能使下部成叶快速转绿,但并不能使上部新梢转绿。新梢黄化叶中 Mn、Cu 元素含量显著低于茶树叶片正常范围的低限值,是导致其叶片黄化的原因;叶面喷施含 Mn、Cu 元素的肥料能有效防治幼龄茶树新梢的黄化。导致茶树 Mn、Cu 缺乏的机理还有待进一步研究。

关键词:茶树;营养生理;叶片黄化;病因诊断
中图分类号:S571.1;S431.16　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1008-505X(2009)01-0219-06

Diagnosis and prevention of tea leaf etiolation of young trees planted in brown soil of Shandong Province

YAO Yuan-tao[1], LIU Qian[1], ZHANG Li-xia[1*], WANG Ri-wei[2]
(*1 College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China;*
2 College of Chemistry and Science of Material, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract: The physiological disease, leaf etiolation, can easily occur in young tea trees planted in brown soil with higher pH value (>6.5) in Shandong province. All leaves of some trees turned yellow, some leaves of new shoots turned white to a certain extent or had some brown spots on the yellow leaf margin. The tea trees with this disease grew weak, which restricted the tea garden to be formed. In order to identify the pathogen of this disease, the pH, organic matter content and nutritional conditions of the soil and six mineral elements related to leaf color in diseased tea leaves were analyzed, and the fertilizers including N, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn were spraying on the diseased tea leaves to test the effect of cure the disease. The results indicated that the etiolation cause of the substrate mature leaf was the deficiency of available nitrogen in the soil. Spraying urea on the yellow leaves can turn the color of substrate mature leaf to green, but it does not have such effect on new shoots. The etiolation cause of new shoots was the deficiency of manganese and cuprum contents, and spraying microelements of manganese and cuprum on the new shoots can prevent and cure this disease. The mechanism of manganese and cuprum deficiencies need to be further investigated.

Key words: tea plant; nutrition physiology; leaf etiolation; diagnosis of pathogen

山东茶区属于茶树生长的次适宜区[1],其冬季低温干燥、降雨量较少[2]、土壤 pH 偏高[3],不能很好地满足茶树喜暖、喜湿、喜酸的生物学特性,不利于茶树的生长。但所产茶叶品质优良,其'香高、味浓、耐冲泡'的品质在风格上与南方高山茶相似,深受消费者喜爱;在市场上产品销售价格高,经济效

收稿日期:2007-10-09　　**接受日期**:2008-03-05
基金项目:山东省教育厅重点项目(J02H04);山东农业大学博士基金资助。
作者简介:姚元涛(1981—),男,山东菏泽人,硕士研究生,主要从事茶树生理与生态研究。E-mail:teaxj@sdau.edu.cn
* **通讯作者** Tel:0538-8249983,E-mail:lxzhang@sdau.edu.cn

益显著，极大地促进了山东茶产业的发展。目前茶叶产业已成为山东农业经济结构调整、增加农民收入的一个高效特色产业，茶树种植区域由沿海丘陵地区逐渐向鲁中南山地扩大，种植面积逐年递增[4]。

设施栽培技术的成功应用，从根本上解决了山东茶树安全越冬难题，而茶园土壤理化特性及养分供应与茶树营养需求特性之间的不协调已上升为制约山东茶树种植规模扩大、实现茶叶高产优质的主要因素。通过对泰山、鲁山、博山等地棕壤新建茶籽直播茶园调查发现，一些幼龄茶树长势弱，叶片容易失绿黄化，有些还出现泛白或在叶缘处形成褐色斑点的现象(图1)，严重影响了新建茶园的成园速度。如何有效防治幼龄茶树黄化病的发生是生产中亟待解决的一个技术问题。已有研究表明，营养元素N、S、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn元素缺乏时会出现失绿症(Chlorosis)[5]，其中N和Mg是组成叶绿素的元素，Fe是叶绿体光合电子传递系统中铁硫蛋白的组成成分，Mn、Cu、Zn是叶绿素形成过程中某些酶的活化剂，它们都与叶绿素或叶绿体的形成有着密切的关系，直接影响茶树叶片中叶绿素含量的高低和叶绿体结构的完整性。山东幼龄棕壤茶园中发生的黄化病是由哪些元素缺乏所致，目前尚未见相关报道。本研究拟通过对茶园土壤和病叶进行营养元素分析以及叶面喷施试验，以探明茶树叶片失绿黄化的原因，并在此基础上提出防治技术措施。

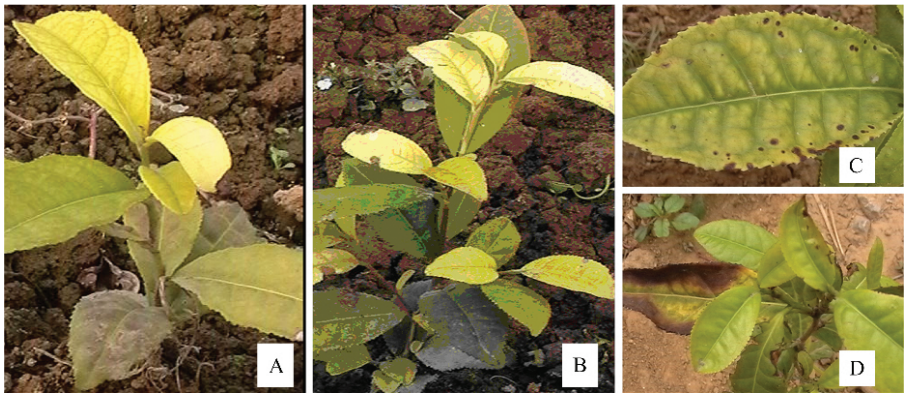

图1 山东棕壤幼龄茶树叶片黄化症状

Fig.1 Tea leaf etiolation of young trees planted in brown soil of Shandong province

(图A：新梢叶片整叶黄化，下部叶片泛黄 The leaves of new shoot are yellow, the below leaves are yellowish；图B：新梢黄化严重，同时出现泛白现象 The color of new shoot's leaves turn yellow with white to a certain extent；图C：叶脉失绿，叶缘出现褐色斑点 The leaf color becomes yellowish among the nervation and some brown spots appeared on the leaf margin；图D：下部叶片黄化且叶缘褐变干枯 The lower leaf shows yellow with a brown-drying edge)

1 材料与方法

1.1 土壤养分诊断

样品制备：在发生黄化的幼龄棕壤茶园中，随机选取有代表性的6个点取土，采集剖面(0—30 cm)土1 kg，充分混合，风干，过1 mm筛，备用。

测定项目及方法：pH用电位法；有机质用低温外热重铬酸钾氧化比色法；有效氮用碱解扩散法；速效磷用$NaHCO_3$浸提、钼锑抗比色法；速效钾用NH_4OAc浸提、火焰光度法；Mg、Fe、Mn、Cu和Zn用HNO_3-$HClO_4$消化，原子吸收法测定[6]。

1.2 叶面肥喷施防治效果

试验在山东农业大学茶学教学基地进行。试材为上一年播种繁育的幼龄茶树，品种为黄山群体。种植规格为行距120 cm、穴距30 cm，每穴茶苗3棵，株距5 cm。在每50 m^2范围内选择70株左右黄化程度相近的茶树为一个试验处理小区，每个处理设置3个重复，其处理方案见表1。试验于2006年3月15日开始第一次处理，此后每隔15 d喷施一次，共喷施3次。对照区同时喷施清水。每次喷施时都选择清晨、下午或者阴天进行，若遇喷施后下雨及时补喷。

于当年4月7日、4月29日、5月15日、6月3日系统观察各处理存活茶树叶片黄化症状的转变情况，包括叶片色泽、病斑、茎部颜色的变化；于6月2日分别统计各处理的茶树存活株数、转绿株数；于3月4日、6月4日分别测定了各处理茶树的高度，并计算出各处理的茶树高度平均增幅。

表 1　叶面喷施不同的营养元素对茶树黄化病叶的防治效果试验设计

Table 1　The experimental design for testing the effect of prevention and cure of the tea leaf etiolation by spraying fertilizer with various elements

处理号 Treatment number	喷施的叶面肥 Spraying fertilizers						
	清水 Water	尿素 $CO(NH_2)_2$ 0.3%	磷酸二氢钾 KH_2PO_4 0.3%	硫酸亚铁 $FeSO_4$ 0.1%	硫酸锰 $MnSO_4$ 0.05%	硫酸铜 $CuSO_4$ 0.004%	硫酸锌 $ZnSO_4$ 0.01%	硫酸镁 $MgSO_4$ 0.03%
1		√						
2			√					
3		√	√	√				
4		√	√		√			
5		√	√			√		
6		√	√				√	
7		√	√					√
8		√	√	√	√	√	√	√
CK	√							

1.3　不同黄化程度叶片的营养分析

于当年 4 月 29 日采摘上述各试验小区中的 1 芽 3 叶春梢，按黄化叶、微黄叶和绿色正常叶分类，依次用自来水、去离子水冲洗干净，80℃下烘干，磨碎，过 0.25 mm 筛。叶片中氮含量采用浓硫酸消化、碱解扩散法测定；叶片中镁、铁、锰、铜和锌含量采用 HNO_3-$HClO_4$ 消化、原子吸收法测定[6]。

2　结果与分析

2.1　茶园土壤营养状况

经测定，供试茶园土壤 pH 6.9，呈微酸性，明显高于茶树适宜生长的土壤 pH 4.0～6.5 范围，不能很好地满足茶树喜酸性土的要求（最适土壤 pH 5.0～5.5）；土壤有机质含量为 0.392%，显著低于我国土壤有机质平均值 1.87%，也不符合优质茶园土壤有机质含量 > 2% 的要求[7]。茶园土壤矿质养分营养状况测定结果（表 2）表明：茶园有效氮含量为 37.54 mg/kg，低于缺乏临界值 70 mg/kg，处于亏缺状态；土壤有效磷含量为 20.18 mg/kg，处于中等含量水平；速效钾含量为 80 mg/kg，接近缺乏临界值。钙、铁、铜、锌总量丰富，镁、锰含量处于中量水平。从上述结果不难看出，土壤中氮素的缺乏是导致叶片失绿的主要原因。此外，对茶树而言，土壤 pH 偏高、有机质含量偏低，会导致微量元素有效性低，从而有可能导致土壤中有效态锰、铁、铜、锌含量较低甚至缺乏。

表 2　高 pH 棕壤茶园土壤养分状况

Table 2　The nutritional status of the brown soil with high pH

项目 Items	养分含量 Nutritional content (mg/kg)								
	有效氮* Avail. N	速效磷 Avail. P	速效钾 Avail. K	镁 Mg	钙 Ca	铁 Fe	锰 Mn	铜 Cu	锌 Zn
样品 Samples	37.54	20.18	80	87	807.9	153	52	2.90	2.56
丰富指标 Enrichment index	> 120	25～40	100～150	> 400			> 200	> 1.0	> 2.0
缺乏临界 Deficiency critical	< 70	< 10	< 75	< 10	< 300	< 4.5	< 20	< 1	< 1.0

注（Note）：* 不包括 NO_3^--N　Without NO_3^--N

2.2　不同叶面肥喷施防治效果比较

2.2.1　植株存活率　从表 3 可知，不同处理后茶树存活率依次为：处理 8 > 处理 5 > 处理 4 > 处理 6 > 处理 3 > 处理 7 > 处理 2 > 处理 1 > CK。对照（CK）的存活率最低，在 3 月 15 日至 6 月 3 日，喷施 N、P、K 以后存活率由 CK 的 52.4% 提高至 70% 以上，增加 20% 左右。在喷施 N、P、K 肥的基础上，增施 $MnSO_4$、$CuSO_4$（处理 4、5）可使失绿茶树的存活率提高至 90% 以上；增施 $FeSO_4$、$ZnSO_4$（处理 3、6）也可提高至 83% 左右；增施 $MgSO_4$（处理 7）的效应不明显。以

上结果表明,大量元素 N、P、K 和微量元素 Mn、Cu 能有效降低失绿黄化茶树的死亡率。

2.2.2 防效指数 为了衡量不同叶面肥的防治效果,引入"防效指数",即:叶面肥喷施后转绿的植株数除以处理前黄化苗的总株数。从表 3 看出,其防效指数由大到小依次为:处理 8 > 处理 4 > 处理 5 > 处理 3、6 > 处理 7 > 处理 1 > CK。在 N、P、K 水平相同的情况下,多种微量元素处理(处理 8)的黄化植株 98%转为绿色,效果最好;一种微量元素处理的效果以 Mn、Cu 较好,黄化植株转绿率分别达到 83%、79%,显著高于其他处理。

表 3 喷施不同叶面肥对黄化病叶的防治效果

Table 3 The effect of prevention and cure of the tea leaf etiolation by spraying fertilizer with various elements

处理号 Code	处理 Treatment		茶苗数量 Amount of tea seedlings			存活率 Survival rate (%)	防效指数[1)] Cure index
	大量元素 Mass element	微量元素 Trace element	黄化苗数 Etiolation	死亡数 Death	转绿株数 Normal		
CK			42	20	13	52.4 e	31 g
1	N		65	19	26	70.8 d	40 f
2	K、P		72	20	37	72.2 d	51 e
3	N、P、K	Fe	75	13	49	82.7 c	65 d
4	N、P、K	Mn	76	7	63	90.8 b	83 b
5	N、P、K	Cu	77	5	61	93.5 b	79 c
6	N、P、K	Zn	78	13	51	83.3 c	65 d
7	N、P、K	Mg	57	15	36	73.7 d	63 d
8	N、P、K	Fe、Mn、Cu、Zn、Mg	85	2	83	97.6 a	98 a

1)防效指数(%) = 处理后转绿植株数/处理前黄化苗总株数 × 100;Cure index(%) = The number of normal seedling from etiolation/The number of etiolation seedling × 100.

2.2.3 存活植株黄化症状变化 处理前黄化茶树的症状表现为:大部分植株全部叶片失绿,老叶黄色发白,新叶也失绿,且叶脉失绿比叶肉失绿严重,呈现网脉化(见图 1)。处理后田间调查发现,喷施 N 素(处理 1)的茶树下部老叶转为绿色,但顶叶黄化症状不能完全消除,叶脉失绿比叶肉失绿严重,一些叶片在叶尖处有块状病斑,叶缘出现干枯,说明喷施 N 素仅能部分消除茶树叶片的黄化症状;喷施 KH_2PO_4(处理 2)的植株失绿状况改变不大,但有少部分植株的下部成叶开始转绿,呈现浅绿色,这可能是喷施 P、K 后提高了植株对 N 的吸收所致。在喷施 N、P、K 的基础上,增施 $FeSO_4$、$CuSO_4$、$ZnSO_4$ 和 $MgSO_4$(处理 1、3、6 和 7)的效果相似,不仅可使下部成叶转绿,而且能有效减轻顶叶叶脉失绿程度,但这 4 种处理不能消除叶尖出现的焦枯状褐斑,萌发的新梢叶片为微黄色。喷施 $MnSO_4$(处理 4)能有效使成叶、新叶转绿,且褐斑仅出现在叶尖处;多元素组合(处理 8)的效果优于处理 4,其成叶的转绿速度最快,萌发的新叶为绿色。

2.2.4 存活植株生长高度 对存活植株调查(图 2)看出,对照处理生长十分缓慢,试验期间平均株高仅增加 2.2 cm;而处理 1、2 均可促进茶树的生长,但处理 1 比处理 2 增长幅度大;在喷施 N、P、K 元素的基础上,增施微量元素组分(处理 3~7)能有效促进茶树的生长,其中以 Mn、Cu 的作用较为显著,其植株平均高度分别增加 11.2 cm、9.3 cm,明显高于 Fe、Zn 和 Mg 元素处理的植株生长高度。在所有处理中以多元素组合的处理 8 对茶树生长的促进作用最为显著,茶树平均增高达 16.9 cm。说明多种元素组合处理不仅可以有效防治黄化病症,同时还能有效促进茶苗的生长。

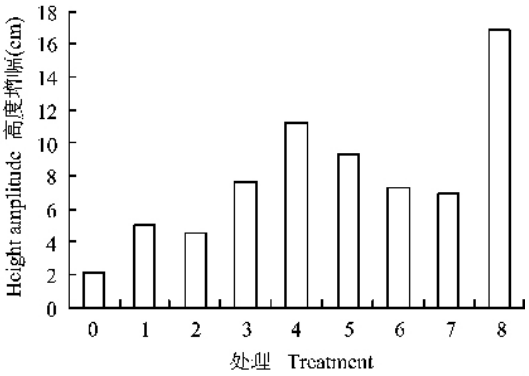

图 2 不同处理对存活茶树生长高度的影响

Fig.2 Effect of treatments on the height of survived tea trees

2.3　不同黄化程度叶片中的相关元素含量比较

对不同黄化程度的叶片进行相关元素分析结果(表 4)表明，黄化叶中 N、Mn 和 Cu 的含量低于正常范围，分别为正常值低限的 55.2%、3.2%和 48.7%；而 Mg、Fe 和 Zn 的含量却高于正常范围，分别为正常值高限的 1.5、1.9 和 1.4 倍。微黄叶中，N、Mn 和 Cu 的含量明显增加，其中以 Mn 的增幅最大，但仍低于正常值；Mg、Fe 和 Zn 含量降低，其中 Fe 含量已处于正常范围，Zn 含量也接近正常值，但 Mg 含量仍高于正常值。对于正常的绿色叶片，N、Mn、Cu、Mg、Fe 和 Zn 等 6 种元素含量均恢复至正常值范围。表明 N、Mn 和 Cu 元素的缺乏是茶树叶片失绿的主要原因。

表 4　不同黄化程度的茶树叶片相关营养元素含量

Table 4　The content of elements related to leaf color in the tea leaves with different degree of etiolation

样品 Samples	样本数 Samples (No.)	元素含量 Content of elements (mg/kg)					
		N	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
黄 Yellow	8	1932 c	7361 a	16 c	559 a	7.3 c	70 a
微黄 Yellowish	6	2258 b	5664 b	123 b	217 b	9.5 b	67 a
绿 Green	10	4021 a	3653 c	526 a	176 c	14.5 a	53 b
正常范围 Normal range[8]		3500～58000	2000～5000	500～3000	100～300	15～20	20～65

注(Note)：数据后不同字母表示差异达 5%显著水平 Values followed by different letters mean significant at 5% level.

3　讨论

3.1　山东棕壤茶园幼龄茶树黄化病因分析

综合山东棕壤茶园土壤养分状况测定、黄化茶树叶面肥喷施防治效果试验以及不同病害程度叶片相关营养元素含量分析的结果表明：导致棕壤茶园幼龄茶树全株黄化的原因是 N、Mn 和 Cu 3 种元素同时缺乏的结果。所以，当喷施一种元素时，黄化病症能得到减轻或局部转绿，而喷施含多种元素(处理 8)的叶面肥时，能使黄化茶树成叶、新叶快速转绿，且植株存活率高，生长量大。值得注意的是所测棕壤幼龄茶园土壤中虽然存在 N 素缺乏(表 2)，但 Mn、Cu 总量并不低，所以导致幼龄茶树体内 Mn、Cu 缺乏的原因可能是土壤 pH 偏高、有机质含量偏低导致其有效态 Mn、Cu 含量低[9-11]所致，但还有待进一步的试验证明。

3.2　黄化病的防治措施

根据以上试验结果确定的黄化病因，为防止高 pH 棕壤茶园中发生茶树叶片的黄化病症，可以采取以下防治措施：

1)平衡施肥　由于植物生长受营养元素最低因子律的制约[12]，如果某一营养元素不足，其他营养元素再多也无法发挥其作用。所以，在出现叶片黄化病症的茶园，不仅应施足 N 肥，而且应注重喷施含有多种微量元素的叶面肥，并适当提高 Mn、Cu 的含量比例。此外还应增施 P、K 肥和有机肥以提高根系活力，促进营养元素的吸收。

2)酸化土壤　土壤 pH 高低显著影响养分的利用率，如土壤中有效态微量元素含量随 pH 升高而降低。在山东棕壤的 5 个类型中，除酸性棕壤外，其他 4 种类型大都为中性或微酸性，高于茶树的最适 pH 范围(5.0～5.5)，因此，宜在植茶前对棕壤进行酸化处理以提高土壤养分利用率。目前普遍采用的酸化剂有硫磺和硫酸铝[13]，虽然硫酸铵和硫酸亚铁能使土壤迅速酸化，但硫酸铵的大量使用会导致幼龄茶树的死亡，而硫酸亚铁的酸化持效性差。

参 考 文 献：

[1]　童启庆.茶树栽培学(第三版)[M].北京：中国农业出版社，2000.
Dong Q Q. Tea planting science (3rd Ed.)[M]. Beijing：Chinese Agricultural Press，2000.

[2]　张丽霞，赵淑娟，王桂雪，等.泰安市茶树种植气候条件分析[J].中国农业气象，2006，27(3)：244-248.
Zhang L X，Zhao S J，Wang G X *et al*. Analysis of meteorological conditions for tea plantation in tai 'an city[J]. Chin. J. Agrometeorol.，2006，27(3)：244-248.

[3]　夏文娟，张丽霞，向勤锃，等.添加硫酸铝对茶园土壤中部分化学性质的影响[J].茶叶通讯，2005，32(3)：8-11.
Xia W J，Zhang L X，Xiang Q Z *et al*. Effects of adding aluminium sulfate on some chemical properties of soil in tea garden[J]. Tea Commun.，2005，32(3)：8-11.

[4]　谢思惠，张丽霞，唐艳梅，等.山东茶叶发展现状及研究进展[J].山东林业科技，2007，(3)：104-106.
Xie S H，Zhang L X，Tang Y M *et al*. The tea development present condition of Shandong and the research progress[J]. J. Shandong For. Sci. Tech.，2007，(3)：104-106.

[5]　潘瑞炽.植物生理学(第四版)[M].北京：高等教育出版社，2004.

Pan R C. Plant physiology (4th Ed.) [M]. Beijing: Higher Education Press, 2004

[6] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业大学出版社,2003.

Lu R K. Methods of analysis for soil chemical properties [M]. Beijing: Chinese Agricultural University Press, 2003.

[7] 韩文炎,阮建云,林智,等.茶园土壤主要营养障碍因子及系列茶树专用肥的研制[J].茶叶科学,2002,(1):70-74.

Han W Y, Ruan J Y, Lin Z *et al*. The major nutritional limiting factors in tea soils and development of tea specialty fertilizer series [J]. Tea Sci., 2002, (1): 70-74.

[8] 陈宗懋.中国茶经(第一版)[M].上海文化出版社,1991.

Chen Z M. Chinese tea scripture (1st Ed.) [M]. Shanghai: Shanghai Culture Press, 1999.

[9] 曹恭,梁鸣早.锰—平衡栽培体系中植物必需的微量元素[J].土壤肥料,2004,(1):2-4.

Cao G, Liang M Z. Manganese—Plant required microelement in equation planting system [J]. Soils Fert., 2004, (1): 2-4.

[10] Sims J T. Soil pH effect on the distribution and plant availability of manganese, copper and zinc [J]. Soil Sci. Soc. Am. J, 1986, 50: 367-373.

[11] 陈世俭,胡霭堂.土壤铜形态及有机物质的影响[J].长江流域资源与环境,1995,4(4):367-371.

Chen S J, Hu A T. The effect of cuprum form and organic substance on soil [J]. Yangtse Vall. Res. Environ., 1995, 4(4): 367-371.

[12] 关连珠.土壤肥料学(第一版)[M].北京:中国农业出版社,2005.

Guan L Z. Science of soil fertilizer (1st Ed.) [M]. Beijing: Chinese Agricutural Press, 2005.

[13] The tea research foundation of kenya. Tea growers handbook (4th Ed.) [M]. Kericho: The tea board of Kenya, 1986. 101-139.