

吕 梅,纪文娟,王润贤,等. 配方施肥对乌牛早茶苗营养生长及茶叶品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):120-126.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.029

配方施肥对乌牛早茶苗营养生长及茶叶品质的影响

吕 梅^{1,2}, 纪文娟³, 王润贤^{1,2}, 方炎明³

(1. 江苏农林职业技术学院,江苏句容 212400; 2. 江苏省茶业科技创新公共技术服务中心,江苏句容 212400;
3. 南京林业大学,江苏南京 210037)

摘要:应用三元二次通用旋转施肥方案,分析氮、磷、钾配比施肥对乌牛早盆栽茶苗各项指标的影响。结果表明,氮、磷、钾施肥配比不同,对乌牛早茶苗的营养生长、光合特性和品质特征影响不同。磷、钾施肥质量配比为 1:2 时,有利于茶苗营养生长和茶叶品质提升。其中 T₁ 处理(氮、磷、钾施肥质量配比为 1.2:0.4:0.8)对乌牛早的苗高、地径生长最有利;净光合速率最大的处理为 T₉(氮、磷、钾施肥质量配比为 1.5:0.25:0.5),叶绿素含量最高的处理为 T₁₇(氮、磷、钾施肥质量配比为 0.75:0.25:0.5);茶叶品质最好的处理为 T₄(氮、磷、钾施肥质量配比为 1.2:0.1:0.2)。所有施肥处理均能提高咖啡碱的含量,其中 T₄ 处理(氮、磷、钾施肥质量配比为 1.2:0.1:0.2)最高,比对照提高了 65.7%。兼顾乌牛早茶苗的生长、光合和茶叶品质,最终确定最佳施肥方案是 T₉ 处理(氮、磷、钾施肥质量配比为 1.5:0.25:0.5)。

关键词:施肥;茶叶;生长量;光合特性;品质成分

中图分类号: S571.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0120-06

施肥对茶叶产量、品质的影响在茶树的科学栽培管理中居于首位,不同地区茶园的施肥管理需因地制宜^[1-2]。茶树的生长及茶树体内代谢物的产生和变化与茶树吸收的矿物营养的类型和浓度密切相关^[3]。氮、磷、钾是茶树生长必需的矿质营养,茶树在生长过程中,氮素营养的重要性是居首位的^[4],且需求量最大,钾素营养的需求量次之,磷素营养的需求量最少。合理的氮、磷、钾元素配比,能促进茶树的营养生长,增强幼龄茶园的树势,为成龄茶园丰产打下基础^[5]。

乌牛早(*Camellia sinensis* ‘Wuniuzao’)是句容地区广泛栽培的优良茶树品种,具有萌芽早、密度大、芽头肥壮、氨基酸含量高等优点,是句容地区生产茅山长青、金山翠芽等高档茶叶的重要原料。本研究以乌牛早为研究对象,根据大田管理数据进行推算和整理,并以其为基准进行试验设计,采用三元二次通用旋转组合设计施肥方案,系统地探讨氮、磷、钾不同施肥配比对乌牛早茶树生长、光合生理及茶叶品质的影响,为乌牛早茶园平衡施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于 2015 年在江苏茶博园大棚内进行。试验地位于苏南镇丘陵地带,平均海拔为 10~15 m,年均温度变化范围为 13~16℃,全年降水量为 800~1 200 mm,属于北亚热带季风气候。

带季风气候。

1.2 试验材料

选用生长基本一致的一年生无性系乌牛早茶苗,2015 年 2 月底进行单株盆栽定植。盆的尺寸为 21 cm×16 cm×17 cm(上口直径×下口直径×高),盆栽基质为土壤、蛭石、珍珠岩(体积比=2:1:1,土壤来自试验基地的乌牛早茶园中),基质混匀,装盆待用,每盆平均质量为 3 kg(不含盆)。

1.3 试验设计

试验肥料采用分析纯试剂,分别为尿素(含 N 46.4%),过磷酸钙(含 P₂O₅ 14%),硫酸钾(含 K₂O 51%)。采用二次通用旋转设计,氮、磷、钾 3 个因素 5 个水平共 20 个处理,另设 1 组作为对照,每个处理组和对照组都设 5 个重复。因素水平具体划分:-1.682 代表低水平,-1 代表较低水平,0 代表中等水平,1 代表较高水平,1.682 代表高水平。3 月 10 日开始施肥,施肥的因素水平和试验设计分别见表 1 和表 2。

表 1 氮、磷、钾各水平施肥量

因素	各水平的每盆施肥量(g)				
	-1.682	-1	0	1	1.682
X ₁ (N)	0	0.3	0.75	1.2	1.5
X ₂ (P)	0	0.1	0.25	0.4	0.5
X ₃ (K)	0	0.2	0.50	0.8	1.0

1.4 指标测定与方法

生长量指标测定:茶苗施肥前(3 月 14—16 日),测量乌牛早茶苗的苗高和地径的基础值,茶苗均高为 19.80 cm,地径均值为 3.17 mm。施肥后平均每 45 d 测定 1 次苗高、地径(测定时间分别为 4 月 28—30 日,6 月 14—16 日,8 月 1—3 日,10 月 14—16 日,12 月 1—3 日)。茶苗的分枝数和最长分枝长度,自 6 月中旬起测定,8 月、10 月、12 月的测定时间同上。待新梢新芽往下数第 3 张叶片成熟时测量叶片的长度和

收稿日期:2017-09-25

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(15)1027]。

作者简介:吕 梅(1978—),女,山东蓬莱人,讲师,农艺师,研究方向为植物学、茶学。E-mail:283602467@qq.com。

通信作者:王润贤,教授,硕士生导师,主要从事茶学研究。E-mail:807754062@qq.com。

表 2 三元二次通用旋转组合设计方案

处理号	编码值		
	X ₁ (N)	X ₂ (P)	X ₃ (K)
T ₁	1	1	1
T ₂	1	1	-1
T ₃	1	-1	1
T ₄	1	-1	-1
T ₅	-1	1	1
T ₆	-1	1	-1
T ₇	-1	-1	1
T ₈	-1	-1	-1
T ₉	1.682	0	0
T ₁₀	-1.682	0	0
T ₁₁	0	1.682	0
T ₁₂	0	-1.682	0
T ₁₃	0	0	1.682
T ₁₄	0	0	-1.682
T ₁₅	0	0	0
T ₁₆	0	0	0
T ₁₇	0	0	0
T ₁₈	0	0	0
T ₁₉	0	0	0
T ₂₀	0	0	0

宽度,并根据叶乃兴的方法^[6]计算茶树叶面积。

光合特性的测定:选择 6 月晴朗天气的 10:00—16:00,在大棚里采用 GFS-3000 光合测量系统测定每个施肥处理及对照组茶苗叶片的净光合速率(P_n)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)及气孔导度(G_s)等光合生理指标,每个光合指标重复测定 5 次,测定叶片选择的是当季新梢成熟叶片(新芽往下数第 3 张叶)。

叶绿素含量测定:参考选用李合生等的方法^[7]。

品质指标测定:采摘 1 芽 2 叶,用烘箱法(120℃杀青、80℃烘至恒质量)制成干茶,粉碎,过 60 目筛。水浸出物测定参照 GB/T 8305—2013《茶 水浸出物测定》;游离氨基酸总量测定参照 GB/T 8314—2002《茶 游离氨基酸总量测定》;茶多酚含量测定参照 GB/T 8313—2002《茶 茶多酚测定》;咖啡碱含量测定参照 GB/T 8312—2002《茶 咖啡碱测定》。

1.5 数据处理

用 Excel、SPSS 18.0 数据分析软件对试验数据进行分析,用 Origin 9 作图软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同配比施肥对生长量的影响

2.1.1 不同配比施肥对苗高、地径的影响 由表 3 可见,乌牛早茶苗在 4—6 月生长相对缓慢,6—8 月是苗高快速生长期,8—12 月是地径快速增粗时期。

由表 3 还可知,与基础值相比,全年的苗高增长量在各施肥处理间差异较大,且在不同月份各施肥处理的苗高增长量不一致。4 月,苗高增长量最大的为 T₅ 处理(增量为 3.73 cm),最小的为 T₂₀ 处理(增量为 0.87 cm);6 月,苗高增长量最大的为 T₁ 处理(增量为 6.95 cm),增量最小的为 T₂₀ 处理(增量为 2.97 cm);8 月,苗高增长量最大的为 T₁ 处理

(增量为 15.84 cm),增量最小的为 T₂₀ 处理(增量为 6.42 cm);10 月,苗高增长量最大的为 T₁ 处理(增量为 18.27 cm),增量最小额为 T₂₀ 处理(增量为 9.15 cm);12 月,苗高增长量最大的为 T₁ 处理(增量为 20.00 cm),增量最小的为 T₅ 处理(增量为 11.12 cm)。

从全年的地径生长量看,T₁₆、T₁ 处理对乌牛早茶苗地径生长量的影响显著。其中,T₁₆ 处理的效果最好,其他依次是 T₁、T₅、T₁₃、T₁₇ 处理,与对照间差异显著,T₂₀ 处理的效果最差,且低于对照。

2.1.2 不同配比施肥对分枝数及最长分枝长度的影响 总体上,10—12 月是乌牛早快速分枝的时期。由表 4 可见,8 月份之前,T₁ 处理能显著促进茶苗分枝;8—10 月分枝数最多的是 T₉ 处理,12 月分枝数最多的是 T₁₀ 处理。乌牛早茶苗 6 月、8 月的最长分枝均为 T₁ 处理,且与对照差异显著;10 月分枝长度最大的为 T₃ 处理;12 月分枝长度最长的是 T₁₇ 处理。据统计,全年分枝总数最多的是 T₁₀ 处理,约 14.03 个,其次是 T₉ 处理,约 13.77 个,然后为 T₃ 处理,约 13.39 个,再然后为 T₁₇ 处理,约 11.21 个。由此可见,对促进分枝和枝条生长较为有利的处理是 T₁₀。

2.1.3 不同配比施肥对叶面积的影响 图 1 显示的是不同施肥配比对乌牛早叶面积的影响。T₉ 处理的叶面积最大并与对照差异显著,说明该施肥配比能促进茶树叶片的伸展。叶面积最小的施肥配比为 T₁ 处理,该处理虽然叶面积小于对照,但与对照差异不显著,说明该施肥配比虽然抑制叶片的生长,但未达到显著水平。

2.2 不同配比施肥对生理特性的影响

由表 5 可以看出,T₁₇ 处理的叶绿素 a(Chla)含量、叶绿素 b(Chlb)含量及叶绿素总量[Chl(a+b)]均为最高,分别为 3.93、0.93、4.86 mg/g,且均与对照差异显著。Chla 含量最低的为 T₁ 处理(3.11 mg/g),Chlb 含量和 Chl(a+b)总量最低的均为 T₁₁ 处理,分别是 0.64、3.77 mg/g,也均与对照差异达显著水平。

由表 5 还可以看出,不同施肥处理对乌牛早茶苗光合特性有一定的影响。细胞间隙 CO₂ 浓度(C_i)最大的是 T₁₂ 处理,为 335.41 μmol/mol;最小的为 T₃ 处理,为 233.02 μmol/mol,且这 2 个处理都与对照差异显著。净光合速率(P_n)最大的为 T₉ 处理,为 6.59 μmol/(m²·s),且 T₉ 处理与 T₁₇ 处理差异不显著,与其他各处理及对照差异均显著; P_n 最小的为 T₁₁ 处理,为 1.69 μmol/(m²·s),且该处理与其他各处理及对照差异均显著。叶片气孔导度(G_s)最大的为 T₁₇ 处理,为 88.28 mmol/(m²·s), G_s 最小的为 T₈ 处理,为 25.69 mmol/(m²·s),且均与对照差异显著。蒸腾速率(T_r)最大的为 T₁₇ 处理,为 2.58 mmol/(m²·s),该处理与 T₆ 处理差异不显著,与其他处理及对照差异显著; T_r 最小的为 T₈ 处理,为 0.71 mmol/(m²·s),与 T₁₁ 处理差异不显著,与其他处理及对照差异显著。

2.3 不同配比施肥对茶叶品质的影响

对乌牛早茶叶中的主要品质成分进行测定,可以看出水浸出物、氨基酸、咖啡碱、茶多酚等表现不一。由表 6 可见,水浸出物含量最高的为 T₂ 处理,为 35.48%,高于对照;最低的

表 3 不同配比施肥对乌牛早幼苗生长量的影响

处理号	不同测定时间的幼苗生长量					
	4 月		6 月		8 月	
	苗高 (cm)	地径 (mm)	苗高 (cm)	地径 (mm)	苗高 (cm)	地径 (mm)
CK	21.80 ± 0.53abcd	3.37 ± 0.10bcde	24.50 ± 0.54bcde	3.41 ± 0.09cdef	28.61 ± 0.60efg	3.51 ± 0.06cde
T ₁	22.35 ± 0.41abcd	3.85 ± 0.09a	26.75 ± 0.17a	3.89 ± 0.08a	35.64 ± 0.20a	3.97 ± 0.11a
T ₂	21.96 ± 0.46abcd	3.31 ± 0.12cde	23.64 ± 0.45de	3.37 ± 0.11cdef	27.86 ± 0.35gh	3.44 ± 0.15cde
T ₃	22.85 ± 0.26abc	3.62 ± 0.08abc	25.63 ± 0.32abcd	3.67 ± 0.08abcd	32.23 ± 0.29bcd	3.76 ± 0.06abc
T ₄	23.17 ± 0.55ab	3.37 ± 0.11bcde	25.30 ± 0.53abcd	3.43 ± 0.11cdef	29.87 ± 0.90defg	3.58 ± 0.10abcde
T ₅	23.53 ± 1.07a	3.52 ± 0.13abcd	25.55 ± 1.10abcd	3.56 ± 0.13abcde	31.45 ± 1.47bcd	3.69 ± 0.20abcd
T ₆	22.63 ± 0.63abcd	3.50 ± 0.10abcd	25.04 ± 0.65abcd	3.56 ± 0.10abcde	31.69 ± 0.95bcd	3.71 ± 0.06abc
T ₇	22.42 ± 0.24abcd	3.51 ± 0.17abcd	25.62 ± 0.32abcd	3.56 ± 0.17abcde	31.70 ± 0.48bcd	3.68 ± 0.14abcd
T ₈	21.42 ± 0.28bcd	3.14 ± 0.09de	25.95 ± 0.40ab	3.20 ± 0.09ef	28.80 ± 0.38efg	3.39 ± 0.11cde
T ₉	22.98 ± 1.25abc	3.41 ± 0.28bcde	25.89 ± 1.18abc	3.47 ± 0.27bcdef	32.76 ± 1.17bc	3.61 ± 0.24abcd
T ₁₀	21.33 ± 0.78bcd	3.33 ± 0.07cde	25.38 ± 0.75abcd	3.43 ± 0.07cdef	32.86 ± 1.15bc	3.53 ± 0.08bcde
T ₁₁	22.08 ± 0.09abcd	3.09 ± 0.06de	25.04 ± 0.08abcd	3.20 ± 0.05ef	29.89 ± 0.18defg	3.29 ± 0.08de
T ₁₂	21.61 ± 0.37abcd	3.29 ± 0.13cde	24.69 ± 0.34abcde	3.34 ± 0.13def	32.06 ± 0.39bcd	3.53 ± 0.10bcde
T ₁₃	22.11 ± 0.56abcd	3.64 ± 0.08abc	24.96 ± 0.62abcd	3.68 ± 0.08abcd	30.51 ± 0.73cdef	3.76 ± 0.11abc
T ₁₄	22.41 ± 0.88abcd	3.25 ± 0.04cde	24.31 ± 0.61bcde	3.31 ± 0.05def	28.41 ± 0.83fg	3.48 ± 0.06cde
T ₁₅	21.06 ± 0.39cd	3.34 ± 0.08cde	24.16 ± 0.57bcde	3.40 ± 0.07cdef	29.88 ± 0.47defg	3.49 ± 0.08cde
T ₁₆	23.05 ± 0.51abc	3.78 ± 0.07ab	25.28 ± 0.70abcd	3.87 ± 0.09ab	30.90 ± 0.66bcde	3.93 ± 0.08ab
T ₁₇	21.31 ± 0.42bcd	3.68 ± 0.08abc	25.31 ± 0.51abcd	3.78 ± 0.10abc	33.03 ± 0.65b	3.97 ± 0.08a
T ₁₈	21.49 ± 0.81abcd	3.43 ± 0.15bcde	24.16 ± 0.71bcde	3.48 ± 0.15abcdef	30.96 ± 0.62bcde	3.65 ± 0.12abcd
T ₁₉	22.05 ± 0.52abcd	3.34 ± 0.16cde	23.83 ± 0.54cde	3.38 ± 0.16cdef	28.98 ± 0.42efg	3.52 ± 0.10cde
T ₂₀	20.67 ± 0.27d	3.02 ± 0.20e	22.77 ± 0.35e	3.08 ± 0.21f	26.22 ± 0.40h	3.19 ± 0.20e

处理号	不同测定时间的幼苗生长量			
	10 月		12 月	
	苗高 (cm)	地径 (mm)	苗高 (cm)	地径 (mm)
CK	30.98 ± 0.50fgh	3.68 ± 0.09bcdefg	33.18 ± 0.56fgh	3.83 ± 0.04abc
T ₁	38.07 ± 0.13a	4.14 ± 0.02a	39.80 ± 0.24a	4.21 ± 0.06a
T ₂	30.76 ± 0.38fgh	3.58 ± 0.21cdefg	32.46 ± 0.52gh	3.79 ± 0.12abcd
T ₃	34.43 ± 0.33c	4.00 ± 0.14abc	35.33 ± 0.64cdef	4.04 ± 0.17ab
T ₄	31.47 ± 0.96dfg	3.69 ± 0.03bcdefg	34.57 ± 0.59defg	3.70 ± 0.03bcd
T ₅	33.52 ± 1.44cde	3.90 ± 0.11abcde	34.25 ± 1.67defg	4.18 ± 0.20a
T ₆	34.56 ± 1.02c	3.81 ± 0.08abcdef	37.93 ± 1.81abc	3.89 ± 0.06abc
T ₇	33.90 ± 0.54cd	3.73 ± 0.15abcdef	36.50 ± 0.56bcde	3.79 ± 0.13abcd
T ₈	31.97 ± 0.49defg	3.48 ± 0.08efg	36.14 ± 1.28cde	3.77 ± 0.13abcd
T ₉	34.33 ± 1.31c	3.74 ± 0.23abcdef	37.73 ± 1.11abc	3.81 ± 0.21abcd
T ₁₀	34.86 ± 0.92bc	3.70 ± 0.09bcdefg	37.70 ± 1.17abc	3.85 ± 0.13abc
T ₁₁	31.49 ± 0.06efg	3.40 ± 0.09fg	33.89 ± 0.33efg	3.52 ± 0.14cd
T ₁₂	34.58 ± 0.37c	3.68 ± 0.14bcdefg	36.58 ± 0.37bcde	3.91 ± 0.12abc
T ₁₃	32.80 ± 0.55cdef	3.97 ± 0.07abcd	35.16 ± 0.72cdef	4.16 ± 0.13a
T ₁₄	29.73 ± 0.66gh	3.50 ± 0.06efg	31.31 ± 0.56h	3.65 ± 0.03bcd
T ₁₅	32.73 ± 0.65cdef	3.56 ± 0.09defg	35.33 ± 0.39cdef	3.65 ± 0.12bcd
T ₁₆	32.98 ± 0.76cdef	4.05 ± 0.13ab	35.78 ± 0.60cdef	4.22 ± 0.20a
T ₁₇	36.78 ± 0.59ab	4.02 ± 0.08ab	39.05 ± 0.63ab	4.08 ± 0.08ab
T ₁₈	34.34 ± 0.46c	3.68 ± 0.11bcdefg	36.98 ± 0.37bcd	3.86 ± 0.08abc
T ₁₉	32.82 ± 0.45cdef	3.66 ± 0.13bcdefg	35.22 ± 0.43cdef	3.90 ± 0.04abc
T ₂₀	29.05 ± 0.39h	3.29 ± 0.25g	30.92 ± 0.50h	3.38 ± 0.24d

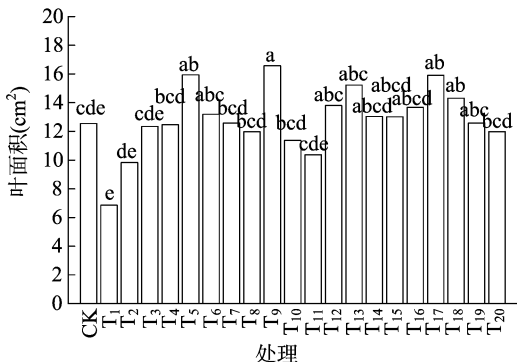
注:同列数值后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平,下表同。

为 T₃ 处理,为 24.09%,低于对照,二者均与对照差异达显著水平。咖啡碱含量最高的为 T₄ 处理,为 3.33%,较对照高 65.7%;最低的为 T₇ 处理,为 2.43%,且均与对照差异达显著水平。茶多酚含量最高的为 T₄ 处理,为 26.65%,最低的为 T₂ 处理,为 19.79%,都与对照差异达显著水平;T₂ 处理与 T₁₄ 处理之间没有显著差异但与其他各处理都有显著差异。氨基酸含量最高的为 T₄ 处理,为 2.83%,高于对照;最低的

为 T₇ 处理,为 2.36%,低于对照,二者均与对照差异显著。不同施肥处理对乌牛早茶叶酚氨比都有一定的影响。酚氨比最小的施肥处理为 T₁₄,其酚氨比为 7.08;最大的为 T₇ 处理,其酚氨比为 10.34,均与对照差异显著。对照的酚氨比为 9.71,与对照差异不显著的施肥配比有处理 T₄、T₅、T₆、T₁₅、T₁₆、T₁₉,其余处理均与对照差异显著,且除了 T₇ 处理之外,其他处理的酚氨比均小于对照。

表 4 不同配比施肥对乌牛早茶苗分枝的影响

处理号	不同测定时间的茶苗分枝情况							
	6 月		8 月		10 月		12 月	
	分枝数 (个)	最长枝条长度 (cm)	分枝数 (个)	最长枝条长度 (cm)	分枝数 (个)	最长枝条长度 (cm)	分枝数 (个)	最长枝条长度 (cm)
CK	2.47 ± 0.18bcd	4.83 ± 0.35defgh	2.00 ± 0.20fgh	5.03 ± 0.50ef	2.27 ± 0.13cdef	5.71 ± 0.10ef	4.07 ± 0.18bede	8.15 ± 0.40abc
T ₁	3.60 ± 0.31a	7.97 ± 0.59a	3.40 ± 0.31a	8.63 ± 0.19a	2.67 ± 0.33bcd	6.97 ± 0.03b	2.67 ± 0.33efg	7.43 ± 0.23abc
T ₂	2.20 ± 0.12cde	4.09 ± 0.10hij	2.93 ± 0.24bc	5.11 ± 0.24ef	2.25 ± 0.25cdef	4.78 ± 0.12g	2.67 ± 0.17efg	5.07 ± 0.07g
T ₃	2.20 ± 0.12cde	5.54 ± 0.05cd	3.13 ± 0.07ab	6.55 ± 0.19c	2.89 ± 0.11ab	8.27 ± 0.22a	5.17 ± 0.17abc	8.53 ± 0.35ab
T ₄	2.20 ± 0.12cde	4.47 ± 0.10efghi	2.53 ± 0.07ede	5.17 ± 0.13ef	2.92 ± 0.21ab	6.78 ± 0.28bc	3.83 ± 0.17bedef	8.02 ± 0.24abc
T ₅	1.92 ± 0.08de	3.68 ± 0.14j	2.58 ± 0.10cd	4.77 ± 0.18fg	2.75 ± 0.14bc	5.81 ± 0.17def	4.92 ± 0.21abcd	7.46 ± 0.13abc
T ₆	2.80 ± 0.12b	4.02 ± 0.15ij	2.87 ± 0.07bc	4.79 ± 0.14fg	2.92 ± 0.08ab	5.62 ± 0.15ef	5.45 ± 0.16ab	7.27 ± 0.03abcd
T ₇	2.53 ± 0.18bc	4.29 ± 0.03ghij	2.87 ± 0.13bc	6.09 ± 0.08cd	2.87 ± 0.07ab	6.56 ± 0.11bcd	4.67 ± 0.18abcde	8.38 ± 0.06abc
T ₈	2.62 ± 0.39bc	4.43 ± 0.07fghi	2.52 ± 0.16ede	4.76 ± 0.10fg	2.77 ± 0.22abc	5.89 ± 0.19def	5.46 ± 0.17ab	7.83 ± 0.02abc
T ₉	2.60 ± 0.12bc	5.27 ± 0.13cd	2.67 ± 0.07cd	5.48 ± 0.14def	3.28 ± 0.06a	6.45 ± 0.14bede	5.22 ± 0.02abc	8.13 ± 0.12abc
T ₁₀	2.45 ± 0.23bcd	6.73 ± 0.39b	2.08 ± 0.08fgh	7.35 ± 0.09b	3.00 ± 0.00ab	8.17 ± 0.16a	6.50 ± 0.29a	8.53 ± 0.15ab
T ₁₁	2.60 ± 0.23bc	5.51 ± 0.19cd	2.60 ± 0.23cd	5.42 ± 0.25def	2.50 ± 0.00bcde	5.69 ± 0.20ef	2.00 ± 2.00fg	5.70 ± 0.21defg
T ₁₂	2.07 ± 0.07cde	5.22 ± 0.16cde	2.00 ± 0.00fgh	6.51 ± 0.29c	2.69 ± 0.17bcd	7.03 ± 0.40b	4.17 ± 0.17bede	7.47 ± 1.72abc
T ₁₃	1.87 ± 0.07e	5.80 ± 0.24c	2.42 ± 0.10def	7.33 ± 0.08b	2.69 ± 0.19bcd	8.25 ± 0.70a	3.06 ± 0.24defg	8.13 ± 1.00abc
T ₁₄	2.20 ± 0.12cde	4.98 ± 0.05defg	2.13 ± 0.07efg	6.00 ± 0.35cd	2.78 ± 0.11abc	6.36 ± 0.20bede	1.67 ± 1.67g	5.23 ± 0.65fg
T ₁₅	1.87 ± 0.07e	4.91 ± 0.24defg	1.67 ± 0.07h	5.55 ± 0.14de	2.08 ± 0.08ef	6.07 ± 0.17cde	3.28 ± 0.15cdefg	6.68 ± 0.35cdef
T ₁₆	2.13 ± 0.07cde	5.07 ± 0.16cdef	1.93 ± 0.07gh	5.92 ± 0.32cd	2.53 ± 0.03bcde	6.06 ± 0.41cde	4.11 ± 0.11bede	7.09 ± 0.45abcde
T ₁₇	2.13 ± 0.13cde	6.87 ± 0.29b	2.13 ± 0.07efg	7.21 ± 0.27b	2.87 ± 0.07ab	7.92 ± 0.10a	4.08 ± 0.22bede	8.80 ± 0.24a
T ₁₈	2.13 ± 0.07cde	5.13 ± 0.17cdef	2.13 ± 0.07efg	5.71 ± 0.27de	2.22 ± 0.12def	6.33 ± 0.19bede	4.05 ± 0.39bede	7.82 ± 0.13abc
T ₁₉	1.87 ± 0.07e	4.83 ± 0.23defgh	1.92 ± 0.08gh	5.17 ± 0.21ef	2.56 ± 0.29bcde	5.97 ± 0.16cde	3.89 ± 0.11bedef	7.02 ± 0.11bede
T ₂₀	1.93 ± 0.13de	4.03 ± 0.17ij	1.93 ± 0.07gh	4.27 ± 0.04g	1.85 ± 0.08f	5.10 ± 0.12fg	2.69 ± 0.17efg	5.54 ± 0.13efg



柱上不同小写字母表示处理间差异达 0.05 水平
图1 不同施肥配比对乌牛早叶面积的影响

3 讨论与结论

茶树作为以采摘嫩芽叶为目的的经济作物,其分枝数、最长分枝长度、叶面积与茶树生长势作为营养生长的重要组成部分,均与茶叶的产量息息相关。研究表明,株高、茎粗、分枝数是实生苗优良单株筛选的重要依据,而株高和茎粗呈正相关,茎粗与叶片数呈正相关^[8]。在本研究中,不同施肥配比对茶树的生长量、光合特性及茶叶品质的影响不同,但氮含量对上述指标的影响不显著。一方面可能由于茶树形态发生和茶叶品质形成过程中对营养的需求量及比例不同,一方面可能与乌牛早茶园每年 10 月份前后施有机肥,导致茶园土壤养分含量较高有关。但这也符合茶园过量施氮肥的“报酬递减率”^[9-10],同时也说明,部分茶园在生产过程中存在追求产量而忽视如何提高投入产出比及缓解生产环境压力等问题。

3.1 施肥结构对生长量的影响

总体上,4—12 月,在乌牛早茶树生长过程中,每个配比的茶树苗高、地径增长量基本的趋势都是随着时间的延长先增加后降低,也就是说茶树苗高生长较快的时期为 6—8 月,地径的快速生长期在 8—10 月。

在 4 月份,乌牛早苗高生长量各处理与对照差异均不显著,可能因为距离施肥的时间不长,不同施肥配比对茶树苗高的影响还未完全表现出来。在 6—12 月份,乌牛早苗高生长量最大的施肥处理均为 T₁ 处理,与对照差异显著,其氮、磷、钾施肥质量配比 = 1.2 : 0.4 : 0.8。氮元素影响茶树叶片的增长速率,磷元素影响茶树的生长速率^[11]。这与在施氮的基础上,按氮磷质量比例 3 : 1 配施对提高茶树产量和改善茶叶品质效果比较明显的结论^[4]相同,说明乌牛早茶苗对氮肥、磷肥的吸收具有协同作用。

乌牛早作为灌木,是叶用植物,当年的主干加粗不明显,说明其吸收的营养主要用于萌发新枝以及新枝新叶的生长。因此,在茶苗定植后的第 1 年里,应将茶园管理重心在稳定生长的基础上向丰产、便于机械操作的树形控制倾斜,及时进行定形修剪,促进主干增粗,平衡侧枝发展,增加分枝层次,以形成丰满的树冠。

综合茶树新梢分枝数、最长分枝长度和叶面积这 3 个生长指标,显著促进乌牛早新梢萌发、生长、叶面积增大的施肥处理分别为 T₁₀、T₁₇、T₉ 处理,其氮、磷、钾施肥质量配比分别为 0 : 0.25 : 0.5、0.75 : 0.25 : 0.5、1.5 : 0.25 : 0.5。试验表明,在低氮水平下,外施磷钾肥更有利于促进茶树的新梢萌发、生长,这与在油茶上的试验结论^[12]相同。同样,在较高氮

表 5 不同配比施肥对乌牛早茶苗叶绿素含量及光合特性的影响

处理号	叶绿素指标			光合特性指标			
	叶绿素 a 含量 (mg/g)	叶绿素 b 含量 (mg/g)	叶绿素总量 (mg/g)	C_i ($\mu\text{mol/mol}$)	P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	G_s [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]
CK	3.44 ± 0.03g	0.70 ± 0.01fg	4.14 ± 0.03f	288.25 ± 2.75cde	5.21 ± 0.04cd	69.21 ± 1.72cd	1.84 ± 0.02bcd
T ₁	3.11 ± 0.11h	0.67 ± 0.03gh	3.78 ± 0.14g	304.66 ± 10.53abcd	4.92 ± 0.29d	67.53 ± 2.81cde	1.89 ± 0.06bc
T ₂	3.75 ± 0.08abcd	0.83 ± 0.02cd	4.58 ± 0.09bc	286.92 ± 14.77cdef	4.92 ± 0.67d	56.58 ± 1.45defg	1.59 ± 0.03cdef
T ₃	3.85 ± 0.08ab	0.89 ± 0.02ab	4.75 ± 0.10ab	233.02 ± 7.81h	4.90 ± 0.01d	47.16 ± 0.74ghi	1.52 ± 0.03def
T ₄	3.50 ± 0.08efg	0.88 ± 0.02abcd	4.38 ± 0.09cdef	274.23 ± 7.90defg	2.75 ± 0.02fg	32.32 ± 1.73jk	1.14 ± 0.06h
T ₅	3.12 ± 0.06h	0.76 ± 0.01e	3.88 ± 0.07g	277.70 ± 7.26def	4.05 ± 0.15e	46.86 ± 2.95ghi	1.61 ± 0.12cdef
T ₆	3.54 ± 0.07efg	0.76 ± 0.02e	4.30 ± 0.09def	296.79 ± 2.13cd	5.85 ± 0.10b	83.78 ± 2.06ab	2.52 ± 0.06a
T ₇	3.47 ± 0.10fg	0.75 ± 0.02ef	4.22 ± 0.12ef	246.69 ± 18.35gh	3.82 ± 0.18e	42.74 ± 4.55hij	1.29 ± 0.14fgh
T ₈	3.59 ± 0.02defg	0.76 ± 0.00e	4.35 ± 0.02cdef	255.05 ± 18.23fgh	2.50 ± 0.03fg	25.69 ± 3.22k	0.71 ± 0.09i
T ₉	3.46 ± 0.06fg	0.71 ± 0.01efg	4.17 ± 0.08ef	280.10 ± 22.45cdef	6.59 ± 0.14a	83.79 ± 11.77ab	1.83 ± 0.29bcd
T ₁₀	3.81 ± 0.02abc	0.88 ± 0.01abc	4.69 ± 0.02ab	295.34 ± 2.88cd	5.18 ± 0.06cd	66.65 ± 1.75cde	1.45 ± 0.04fgh
T ₁₁	3.12 ± 0.04h	0.64 ± 0.01h	3.77 ± 0.05g	300.91 ± 9.72bcd	1.69 ± 0.01h	28.96 ± 0.55k	0.74 ± 0.01i
T ₁₂	3.70 ± 0.05bcde	0.88 ± 0.01abcd	4.58 ± 0.05bc	335.41 ± 3.48a	3.82 ± 0.10e	75.38 ± 3.58bc	1.79 ± 0.08bcd
T ₁₃	3.21 ± 0.01h	0.71 ± 0.00efg	3.92 ± 0.02g	328.78 ± 8.87ab	2.26 ± 0.03g	49.61 ± 9.18fgh	1.23 ± 0.22gh
T ₁₄	3.49 ± 0.09fg	0.82 ± 0.01cd	4.31 ± 0.10def	286.14 ± 1.20cdef	2.87 ± 0.01f	35.30 ± 0.32ijk	1.24 ± 0.01gh
T ₁₅	3.53 ± 0.05efg	0.88 ± 0.01abc	4.41 ± 0.06cde	310.84 ± 4.93abc	2.89 ± 0.12f	45.90 ± 3.58ghi	1.34 ± 0.08fgh
T ₁₆	3.52 ± 0.03efg	0.85 ± 0.00bcd	4.37 ± 0.03cdef	284.64 ± 4.82cdef	5.16 ± 0.02cd	61.92 ± 2.21def	1.96 ± 0.04b
T ₁₇	3.93 ± 0.03a	0.93 ± 0.03a	4.86 ± 0.05a	310.94 ± 2.38abc	6.55 ± 0.07a	88.28 ± 0.93a	2.58 ± 0.03a
T ₁₈	3.54 ± 0.06efg	0.85 ± 0.05bcd	4.38 ± 0.11cde	329.04 ± 0.89ab	4.07 ± 0.15e	67.80 ± 1.52cde	2.03 ± 0.05b
T ₁₉	3.66 ± 0.02cdef	0.87 ± 0.00bcd	4.52 ± 0.02bcd	260.71 ± 5.43efgh	5.16 ± 0.14cd	56.15 ± 3.01efg	1.50 ± 0.06efg
T ₂₀	3.55 ± 0.03efg	0.82 ± 0.01d	4.37 ± 0.04cdef	233.25 ± 5.06h	5.53 ± 0.13bc	44.99 ± 2.36ghi	1.21 ± 0.06gh

表 6 不同配比施肥对乌牛早茶叶品质的影响

处理号	水浸出物含量 (%)	咖啡碱含量 (%)	氨基酸含量 (%)	茶多酚含量 (%)	酚氨比
CK	34.15 ± 0.75b	2.01 ± 0.05j	2.52 ± 0.02fg	24.47 ± 0.02bc	9.71 ± 0.27bcd
T ₁	30.69 ± 0.53fg	2.62 ± 0.04fg	2.63 ± 0.01bcd	20.68 ± 0.11g	7.86 ± 0.03j
T ₂	35.48 ± 0.41a	2.48 ± 0.01ghi	2.69 ± 0.01b	19.79 ± 0.22h	6.61 ± 0.06kl
T ₃	24.09 ± 0.33k	3.21 ± 0.01ab	2.60 ± 0.04cde	22.18 ± 0.38e	8.53 ± 0.18h
T ₄	28.11 ± 0.04hi	3.33 ± 0.01a	2.83 ± 0.00a	26.65 ± 0.57a	9.42 ± 0.31def
T ₅	26.81 ± 0.60j	2.83 ± 0.10cde	2.48 ± 0.02gh	24.82 ± 0.29b	10.00 ± 0.27b
T ₆	32.26 ± 0.11cde	2.87 ± 0.02cd	2.43 ± 0.01hi	23.99 ± 0.11bcd	9.87 ± 0.10bc
T ₇	32.74 ± 0.23cd	2.43 ± 0.04i	2.36 ± 0.03j	24.40 ± 0.33bc	10.34 ± 0.40a
T ₈	28.57 ± 0.58h	2.44 ± 0.05hi	2.37 ± 0.02j	21.23 ± 0.19fg	8.96 ± 0.030g
T ₉	32.78 ± 0.21cd	2.60 ± 0.01fgh	2.83 ± 0.03a	23.36 ± 0.09d	8.25 ± 0.27hi
T ₁₀	33.35 ± 0.42bc	3.10 ± 0.16b	2.42 ± 0.02ij	22.37 ± 0.28e	9.24 ± 0.14efg
T ₁₁	30.46 ± 0.37fg	2.71 ± 0.05def	2.65 ± 0.01bc	21.23 ± 0.15fg	8.01 ± 0.05ij
T ₁₂	25.07 ± 0.11k	3.09 ± 0.03b	2.58 ± 0.03de	21.98 ± 0.06ef	8.52 ± 0.14h
T ₁₃	29.80 ± 0.19g	3.20 ± 0.01ab	2.78 ± 0.01a	20.82 ± 0.10g	7.49 ± 0.07k
T ₁₄	28.44 ± 0.05h	2.90 ± 0.01c	2.80 ± 0.02a	19.83 ± 0.02h	7.08 ± 0.05l
T ₁₅	27.16 ± 0.53ij	2.85 ± 0.02cde	2.49 ± 0.01gh	23.70 ± 0.26cd	9.52 ± 0.1cde
T ₁₆	30.26 ± 0.30fg	2.69 ± 0.01ef	2.62 ± 0.01cde	24.81 ± 0.24b	9.47 ± 0.22def
T ₁₇	26.61 ± 0.41j	2.87 ± 0.02cd	2.65 ± 0.01bc	24.69 ± 0.53b	9.32 ± 0.18efg
T ₁₈	31.85 ± 0.02de	2.72 ± 0.07def	2.58 ± 0.01def	23.51 ± 0.25d	9.11 ± 0.33fg
T ₁₉	24.32 ± 0.27k	2.45 ± 0.05hi	2.41 ± 0.02ij	23.51 ± 0.27d	9.76 ± 0.07bcd
T ₂₀	31.34 ± 0.24ef	2.72 ± 0.04def	2.57 ± 0.01ef	23.14 ± 0.24d	9.00 ± 0.26g

肥用量的基础上,配施磷、钾肥(质量比为1:2)促进茶树新梢萌发和生长的效果也较好。

3.2 施肥结构对生理特性的影响

叶绿素是茶树叶片进行光合作用的物质基础,适当的氮、磷、钾施肥配比能提高植物的光合作用^[13]。但由于影响茶树

光合生理的因素较多,且各影响因素之间以及光合生理的各项指标之间联系较为复杂,导致同一种施肥处理对光合生理各项指标的影响不完全一致。可能由于本研究采用的田间土壤养分含量较高,所以叶绿素含量、光合性能与施氮量不呈直线关系。

研究表明, G_s 随着氮肥施用量的增加呈现先升高后降低的趋势^[9],而 G_s 的变化直接影响了叶片碳同化所需要的 CO_2 浓度及蒸腾速率。本试验测定结果表明,叶绿素总含量最高的为 T_{17} 处理,其 G_s 、 T_r 也最大,分别为 88.28 、 $2.58\text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,但 P_n 却在所有施肥处理中不是最大的,但显著高于对照,说明叶绿素含量增加, C_s 增加^[14], T_r 也随之增加。

3.3 施肥结构对茶叶品质成分的影响

水浸出物、氨基酸、咖啡碱、茶多酚含量等是茶叶的主要品质成分^[15],但茶叶中氨基酸总量等重要组分含量的提高是氮、磷、钾营养共同作用的结果^[16]。氮是咖啡碱的组成成分之一,咖啡碱含量高低与茶叶品质高低呈正相关^[10]。在本研究中,所有处理的乌牛早咖啡碱含量都高于对照,其中 T_4 处理最为明显,其氮、磷、钾施肥质量配比为 $1.2:0.1:0.2$ 。研究表明,氮素对绿茶品质的影响与其他营养元素不一样,在任何季节氮素都能改善绿茶的茶叶品质,而其他营养元素对茶叶品质的改善具有季节性^[17]。就氨基酸含量和酚氨比而言,本研究中 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 处理较 T_5 、 T_6 、 T_7 、 T_8 处理的氨基酸含量高,酚氨比均较其低,由此可见,氮肥与乌牛早茶叶中的氨基酸含量和酚氨比有直接关系。

氨基酸含量、茶多酚含量、咖啡碱含量最高的施肥处理均为 T_4 处理,水浸出物含量最高的处理为 T_2 处理,其氮、磷、钾施肥质量配比为 $1.2:0.4:0.2$, T_4 和 T_2 处理的氮素水平较高,钾素营养水平相同,但磷素营养水平差异较大,这可能由于磷素对绿茶品质影响较小,且不同茶叶品质对磷肥敏感程度的差异较大^[18]。钾能调节茶树体内的碳氮平衡,茶树叶片钾含量与叶片总氮、总磷含量均呈正的线性相关,且缺钾对茶叶香气品质有消极影响^[19]。所以,对于改善句容当地乌牛早秋茶品质而言,氮、磷、钾素施肥质量配比为 $1.2:0.1:0.2$ 较合适,在施氮的基础上,适当施入磷、钾肥对改善茶叶品质非常重要^[20-21]。

酚氨比作为茶叶品种适制性的生化指标,普遍认为,酚氨比小于8适制绿茶;在8~15之间红绿兼制,大于15则适制红茶。对于名优绿茶,酚氨比 ≤ 11 时,酚氨比越低,茶汤的滋味越鲜纯^[22]。总的来说,施肥与茶叶品质的形成密切相关,在一定的肥量范围内,能有效提高水浸出物、氨基酸、茶多酚、咖啡碱的含量。在施氮肥的基础上,配施磷、钾肥,又能提高茶叶整体品质^[5]。乌牛早作为句容地区茅山长青、茗苑曲毫等高级绿茶的优良加工原料,已有多年的栽培历史,试验再次说明适当的施肥均能降低酚氨比,提高乌牛早加工绿茶的茶叶品质。当然,在茶园施肥管理中,既要根据当地茶园土壤营养情况施肥,还要根据茶树品种本身的特性对茶园进行科学的施肥管理。

另外,施用氨态氮肥,更有利于提高茶树的产量和品质^[23-24],过磷酸钙对绿茶的品质最好,硫酸钾能提高茶叶品质成分^[4]。但 NH_4^+ 和 K^+ 相互作用会降低钾肥的利用效率,长期施用大量的氨态氮肥会影响茶树对钾肥的吸收^[25],而氮肥过剩又往往表现在缺钾时,磷肥则必须在施氮的基础上,按照氮磷比 $2:1$ 或 $3:1$ 才能有显著效果^[4]。

综上,从施肥结构对乌牛早幼苗生长量、光合生理特性和茶叶品质3个方面的影响综合比较, T_9 处理在促进乌牛早新梢萌发、生长和叶面积增大等方面仅次于 T_{10} 和 T_{17} 处理。 T_9 处

理的净光合速率最大,与 T_{17} 处理差异不显著,与其他各处理与对照均差异显著。 T_9 处理氨基酸含量最高,且与 T_4 处理相同,酚氨比略低于对照,但差异不显著。因此,兼顾乌牛早茶苗的生长、光合特性和茶叶品质提升,确定了最佳施肥方案(氮、磷、钾施肥质量配比为 $1.5:0.25:0.5$)。当然,在施用氮、磷、钾素营养时,要结合茶树的生长、土壤、天气等状况,且按一定的比例适时适地施用^[26],即根据茶树的需肥规律和营养特点、茶园土壤特性以及各种肥料的施肥效果进行平衡施肥。

参考文献:

- [1] 杨亚军. 中国茶树栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004.
- [2] Okal A W, Owuor P O, Kamau D M, et al. Variations of fatty acids levels in young shoots of clonal tea with location of production and nitrogenous fertilizer rates in the Kenya highlands[J]. Journal of Agricultural Science & Technology, 2012, 14(3): 1543-1554.
- [3] Kim Y D, Yun J G, Seo Y R, et al. Influence of mineral salts on shoot growth and metabolite biosynthesis in tea tree (*Camellia sinensis* L.) [J]. Korean Journal of Horticultural Science & Technology, 2015, 33(1): 106-113.
- [4] 李静, 夏建国. 氮磷钾与茶叶品质关系的研究综述[J]. 中国农学通报, 2005, 21(1): 62-65, 75.
- [5] 唐劲驰, 吴利荣, 吴家尧, 等. 初投产茶园氮磷钾配比施用与产量、品质的关系研究[J]. 茶叶科学, 2011, 31(1): 11-16.
- [6] 叶乃兴. 茶树叶面积测量法[J]. 茶叶科学简报, 1984(3): 4.
- [7] 李合生, 孙群, 赵世杰. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [8] 李赛君, 段继华, 赵熙, 等. 茶树实生苗数量性状相关关系研究[J]. 茶叶通讯, 2013, 40(4): 32-33, 46.
- [9] 吴志丹, 尤志明, 王峰, 等. 施氮量对茶树生长及叶片光合特性的影响[J]. 茶叶科学技术, 2014(4): 16-20.
- [10] 苏有健, 廖万有, 丁勇, 等. 不同氮营养水平对茶叶产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1430-1436.
- [11] Yang W J, Chen H F, Zhu F Y, et al. Low concentration of bisulfite enhances photosynthesis in tea tree by promoting carboxylation efficiency in leaves[J]. Photosynthetica, 2008, 46(4): 615-617.
- [12] 胡冬南, 涂淑萍, 刘亮英, 等. 氮、磷、钾和灌水量对油茶春梢生长的影响[J]. 林业科学, 2015, 51(4): 148-155.
- [13] Bernardi A C, Carmello Q C, Carvalho S D, et al. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization interactions on the photosynthesis of containerized citrus nursery trees[J]. Journal of Plant Nutrition, 2015, 38(12): 1902-1912.
- [14] 袁昌洪, 韩冬, 杨菲, 等. 氮肥对茶树春季光合、抗衰老特性及内源激素含量的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2016, 40(5): 67-73.
- [15] 王汉生. 茶叶色·香·味的化学基础[J]. 广东茶业, 2005, 21(增刊1): 39-41.
- [16] 罗凡, 龚雪蛟, 张厅, 等. 氮磷钾对春茶光合生理及氨基酸组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(1): 147-155.
- [17] Hen P A, Lin S Y, Liu C F, et al. Correlation between nitrogen application to tea flushes and quality of green and black teas[J]. Scientia Horticulturae, 2015, 181: 102-107.
- [18] 李源华. 磷素对茶叶品质影响的探讨[J]. 四川农业科技, 2014, 42(12): 40-41.

常 晓,张红玉,王济红. 水分胁迫对金铁锁实生苗生长量与生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):126-130.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.030

水分胁迫对金铁锁实生苗生长量与生理指标的影响

常 晓,张红玉,王济红

(贵州师范大学生命科学学院,贵州贵阳 550001)

摘要:以金铁锁实生苗为试验材料,对其进行水分胁迫处理,测量枝长、鲜质量、根长、叶绿素含量、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、游离脯氨酸含量、过氧化物酶(POD)活性、多酚氧化酶(PPO)活性、丙二醛(MDA)含量等生物量和生理指标。结果表明,随着水分胁迫程度的增强,总生物量指标受到抑制下降;叶绿素含量增大;叶片中 POD 活性、PPO 活性、MDA 含量都有不同程度的先下降后上升的趋势;可溶性糖含量关系为叶片 > 根部,有逐渐升高的趋势;可溶性蛋白质含量关系为根部 > 叶片,根部中可溶性蛋白质含量有逐渐增加的趋势,而叶片中的可溶性蛋白质含量有缓慢下降的趋势但差异不显著;叶片中游离脯氨酸含量逐渐上升。说明金铁锁实生苗有一定的抗旱能力,适当的干旱胁迫对金铁锁的物质积累有一定的促进作用。

关键词:金铁锁;实生苗;水分胁迫;生长量;生理指标;抗旱

中图分类号: Q945.78; S567.23 * 9.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0126-05

金铁锁(*Psammosilene tunicoides* W. C. Wu et C. Y. Wu)又名独定子、蜈蚣七、昆明沙参、对叶七、金丝矮陀陀等,为石竹科金铁锁属,是我国西南地区特有的单属种植物。金铁锁是云南省著名的民间药用植物,也是云南白药的重要成分之一^[1]。金铁锁是西南地区特有的民间草药,500 多年前就已被广泛使用,在云南白药等中成药中被用作主要原料。1991 年作为稀有濒危物种被列入《中国植物红皮书》第 1 册^[2]。金铁锁的研究在国外极为少见,国内研究则主要集中在金铁锁的化学成分和药理作用、组织培养和栽培技术、生物学特性及保护等方面^[3-5]。当前的栽培生产中,尚缺少有关水分胁迫对金铁锁实生苗生长发育和生理指标的相关报道,本试验在不同梯度水分胁迫下,对金铁锁实生苗进行相关生物量和生理指标的测定,以期对金铁锁的生产起到一定指导作用。

收稿日期:2018-06-04

基金项目:贵州省科技厅社会发展科技攻关项目[编号:黔科合 SY 字(2015)3027 号];贵州省林业厅科研项目[编号:黔林科合(2017)07 号]。

作者简介:常 晓(1992—),男,山西晋城人,硕士研究生,主要从事植物生态学研究。E-mail:627940198@qq.com。

通信作者:张红玉,博士,教授,主要从事有害生物防控与教学工作。E-mail:zh169827@sina.com。

1 材料与方法

1.1 试验材料

育苗地点在贵州省植物园露天苗圃,选取 840 株 2017 年 4 月 15 日播种在椰糠基质中培育的实生苗,实生苗株高(10±2)cm、茎径粗(3±0.5)mm、无病虫害。

1.2 移栽定植

移栽定植时间为 2017 年 7 月 1—5 日。基质为腐殖土 + 蛭石(体积比为 1:1)。塑料花盆规格为直径 15 cm,盆高 20 cm;每盆种 1 株,装基质 1.0 kg。

移栽定植后浇透水,置于贵州省生物研究所塑料温室大棚内,温度为自然变温,大棚遮阴率为 50.0%。温度、湿度用自动温湿度记录仪监测。

1.3 试验处理方法

1.3.1 预备试验 混合基质田间最大持水量的测定:2017 年 7 月,按照土壤学田间最大持水量的测定方法^[6],取 1.0 kg 混合基质各 3 份,测定其田间最大持水量,取平均值。通过试验,测得混合基质田间最大持水量为 93%。在田间最大持水量的基础上,对混合基质水分处理,据混合基质含水量为田间最大持水量 75%~80%,测的混合基质含水量为 39.60%,设置为对照(CK),据混合基质含水量为田间最大持水量的 55%~60%,测的混合基质含水量为 29.20%,设置为轻度干

1996,44(1):80-85.

[23]刘秀敏. 氮素形态对茶树生理特性和茶叶品质的影响[D]. 郑州:河南农业大学,2009.

[24]杨亦扬. 氮素对茶树叶片品质成分影响机理研究[D]. 南京:南京农业大学,2011.

[25]陈常颂,王秀萍,林郑和,等. 施钾对茶树幼苗营养元素吸收的影响[J]. 茶叶学报,2015,56(2):105-110.

[26]Zhang F S, Niu J F, Zhang W F, et al. Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply[J]. Plant and Soil, 2010, 335(1/2):21-34.

[19]钟秋生,林郑和,张 辉,等. 不同供钾水平对茶树幼苗鲜叶主要生化成分的影响[J]. 茶叶科学,2017,37(1):49-59.

[20]Lin Z H, Qi Y P, Chen R B, et al. Effects of phosphorus supply on the quality of green tea[J]. Food Chemistry, 2012, 130(4):908-914.

[21]Ruan J Y, Ma L F, Shi Y Z. Potassium management in tea plantations: its uptake by field plants, status in soils, and efficacy on yields and quality of teas in China[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2013, 176(3):450-459.

[22]Siebert K J, Troukhanova N V, Lynn P Y. Nature of polyphenol-protein interactions[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,