

## 不同杂草防控模式对茶叶产量品质、土壤肥力及土壤酶活性的影响

刘声传<sup>1</sup>, 马林红<sup>1</sup>, 贺圣凌<sup>4</sup>, 陈智雄<sup>1</sup>, 林长松<sup>3</sup>, 鄢东海<sup>2\*</sup>, 徐霖<sup>1\*</sup>

(1. 贵阳学院生物与环境工程学院, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州省农业科学院茶叶研究所, 贵州 贵阳 550006; 3. 贵州理工学院, 贵州 贵阳 550003; 4. 贵州省农业科学院生物技术研究所, 贵州 贵阳 550006)

**摘要:** 探究茶园不同杂草防控模式的效果, 寻找成本低、效果好、无污染的防控措施, 为茶园杂草绿色高效防控提供理论支撑。于 2019 ~ 2020 年在同一幼龄茶园设置清耕 (CK)、间作 ‘茶肥 1 号’ (T1)、防草布覆盖 (T2) 和黑色地膜覆盖 (T3) 试验, 测定 4 个处理的杂草生物量、茶叶产量、茶叶品质成分、土壤理化性状、土壤酶活性, 并比较分析经济效率。结果表明, 杂草生物量为 CK>T3>T1>T2, CK 显著高于其他处理。各处理间茶叶产量、品质成分无显著差异, T1 产量、酚氨比略低于其他处理。T1、T2、T3 的土壤湿度分别为 76.5%、78.2%、63.8%, 显著高于 CK (49.8%)。T2 的土壤 pH 值比 CK 低 7.3%。T1 可提高土壤肥力, T2、T3 可降低土壤水解性氮、有效磷含量。土壤淀粉酶活性为 T3>T1>CK>T2, T2 显著低于其他处理; 土壤多酚氧化酶活性为 T1>CK>T2>T3, 各处理间差异显著。T1、T2、T3 的过氧化氢酶活性分别比 CK 低 3.1%、2.8%、4.9%。T1 的土壤酸性磷酸酶活性显著高于 CK, T2、T3 的土壤酸性磷酸酶活性略低于 CK。T2 的根际 (T2R)、防草布边缘 (T2WCE) 和大行中间 (T2MBL) 的土壤多酚氧化酶活性分别为 29.28、57.60 和 17.16  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ 。T2WCE 的土壤过氧化氢酶活性, 显著高于 T2R、T2MBL。T2MBL 的土壤脲酶活性, 显著低于 T2R、T2WCE。T2MBL 硝酸还原酶活性显著高于 T2R、T2WCE。T1、T2、T3 每年每公顷总成本分别为 CK 的 79.5%、62.6%、58.3%。可见, T2 的综合效果最好, 但存在有机碳、磷等元素分解相关酶的活性降低, 以及反硝化作用增强等问题, 还需优化完善。

**关键词:** 茶园; 杂草防控; 产量品质; 土壤肥力; 土壤酶活性; 经济效率

幼龄茶园、低产衰老改造茶园和未封行成龄茶园, 极易滋生种类多、生长快的杂草, 与茶树争肥、争水、争光、争空间, 是茶树病虫害的过渡寄主, 危害茶树生长, 降低茶树成活率和茶叶产量品质<sup>[1-2]</sup>。人工除草费时费力、成本高, 锄头等器械易碰伤幼龄茶树主干; 化学除草快速高效、低成本, 但影响茶叶质量安全, 污染环境<sup>[3-4]</sup>。因此,

研究成本低、效果好、无污染的茶园杂草防控技术, 对于茶叶绿色高效生产非常重要。

近年来, 间套作抑草、覆盖抑草在茶园中得到广泛应用<sup>[5]</sup>。茶园间作 ‘白三叶草’<sup>[6]</sup>、‘紫花苜蓿’<sup>[7]</sup>、‘圆叶决明’<sup>[8]</sup>、‘茶肥 1 号’<sup>[9]</sup> 等豆科绿肥种植, 对抑制杂草生长、提高土壤肥力、茶叶品质等具有良好的效果。茶园间作 ‘鼠茅草’, 抑制杂草生长、提高土壤有机质含量和改良土壤理化性质的效果明显, 一次播种, 多年受益<sup>[10]</sup>。秸秆、地膜、防草布等覆盖是另一种非化学杂草防控措施, 秸秆覆盖成本高, 难以大面积推广。地膜、防草布覆盖具有成本低、保湿增温、抑制杂草等优点, 已进行大量推广。姚健等<sup>[11]</sup> 研究认为, 茶园覆盖地膜可有效保墒、增温、抑草, 显著提高茶树成活率。然而, 难降解的黑色地膜具有不透水、不透水、易破碎形成残膜等缺陷<sup>[12]</sup>。防草布具有透水、透气、保温保墒、使用寿命长、易回收等优

收稿日期: 2021-04-07; 录用日期: 2021-05-30

基金项目: 国家自然科学基金 (31760227); 贵州省科技计划项目 (黔科合支撑 [2019] 2380 号); 贵州省教育厅青年科技人才成长项目 (黔教合 KY 字 [2019] 097); 贵州理工学院高层次人才科研启动经费项目 (XJGC20190922); 贵阳学院博士科研启动基金 (0203033003014)。

作者简介: 刘声传 (1981-), 副研究员, 博士, 研究方向为茶树育种栽培。E-mail: gtscliu@163.com。

通讯作者: 鄢东海, E-mail: donghaiy@126.com; 徐霖, E-mail: xulin629@sina.com。

点,已广泛应用于农业生产<sup>[13-14]</sup>。蒋慧光等<sup>[15]</sup>研究发现茶园覆盖防草布可提高土壤温湿度、促进茶树生长、高效防治杂草。目前,很少有研究茶园间作绿肥、不同覆盖物对土壤酶活性的影响,以及茶园不同杂草防控技术效果和成本的综合比较。为此,本研究在同一茶园,设置清耕、间作‘茶肥1号’、防草布覆盖和黑色地膜覆盖4种处理,探究不同处理对杂草生物量、茶叶产量品质、土壤湿度、土壤pH值、土壤养分和土壤酶活性的影响,结合评估成本,为茶园杂草绿色高效防控提供理论支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

本试验在贵州省茶叶研究所贵阳茶树品种区试验地进行,供试材料为无性系茶树品种‘中黄3号’,树龄3年,双行双株种植,大行距150 cm,小行距40 cm,穴距33 cm。茶园管理一致,长势一致。

黑色聚丙烯防草布,厚度0.15 mm,宽度1.2 m;黑色聚乙烯地膜,厚度0.015 mm,宽度1.2 m;‘茶肥1号’为湖南省茶叶研究所选育的一年生亚灌木豆科植物。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验设计

试验设4个处理,清耕(CK)、间作‘茶肥1号’(T1)、防草布覆盖(T2)和黑色地膜覆盖(T3)。每个处理重复3次,共12个小区,每个小区面积为15 m<sup>2</sup>(1.5 m×10 m)。2019年4月16日浅锄茶园杂草。T1小区茶树大行间间作‘茶肥1号’;T2小区茶树大行间铺长10 m、宽1.2 m的防草布,地布钉固定边缘;T3小区茶树大行间铺长10 m、宽1.2 m的黑色地膜,覆土固定边缘。2019年7月23日离地20 cm第1次割青,覆盖在T1小区茶树大行间,测定各处理杂草生物量、鲜叶产量。持续7 d多云转晴后,8月20日测定土壤湿度。9月12日离地30 cm第2次割青、覆盖,测定各处理的杂草生物量、鲜叶产量。制作一芽二叶烘青绿茶生化样。

2019年9月12日,间隔2 m,取每个处理大行中间3个0~20 cm土样混合,一部分低温保存,备土壤酶活性测定;另一部分自然干燥,备土壤理化性质检测。防草布覆盖约18个月后,2020年10

月8日,间隔2 m取T2根际(T2R)、防草布边缘(T2WCE)、大行中间(T2MBL)0~20 cm土样,用于测定土壤酶活性。

#### 1.2.2 杂草生物量、新梢产量、品质成分含量、土壤理化性质和土壤酶活性测定

人工浅锄全部杂草称重,测定生物量。按一芽二叶标准采摘新梢,记录产量。采用33.3 cm×33.3 cm的样框在每个小区随机取3个点,计数10 cm叶层范围内萌动芽以上的芽梢数,观测发芽密度。从各处理挑选出标准一芽二叶,测定百芽重,3次重复。

水浸出物、咖啡碱、茶多酚和游离氨基酸含量的测定分别采用GB/T 8305-2013、GB/T 8312-2013、GB/T 8313-2018和GB/T 8314-2013。各处理随机选取6个点,采用土壤湿度计测定大行中间0~20 cm土壤湿度。分别采用LY/T 1237-1999、LY/T 1228-2015、LY/T 1234-2015、LY/T 1232-2015、LY/T 1228-2015、LY/T 1234-2015、LY/T 1232-2015、LY/T 1239-1999测定土壤有机质、全氮、全磷、全钾、水解性氮、有效磷、速效钾含量和pH值。

2019年采用北京索莱宝科技有限公司生产的试剂盒测定4个处理的土壤淀粉酶、酸性磷酸酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶活性。土壤淀粉酶活性以1 g土样24 h催化生成还原糖的mg数表示( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ );土壤酸性磷酸酶活性以1 g土壤24 h释放酚的nmol数表示( $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ );土壤过氧化氢酶活性以1 g土样24 h催化H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>降解的mmol数表示( $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ )。土壤多酚氧化酶活性以1 g土样24 h生成紫色没食子素的mg数表示( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ )。

2020年采用李振高等<sup>[16]</sup>的方法测定T2R、T2WCE、T2MBL的土壤过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶和硝酸还原酶活性,略作修改。土壤过氧化氢酶活性测定采用高锰酸钾滴定法,酶活性以1 g土壤24 h内消耗0.1 mol·L<sup>-1</sup> KMnO<sub>4</sub>溶液的mmol数表示( $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ );土壤多酚氧化酶活性测定采用邻苯三酚比色法,酶活性以1 g土壤24 h生成紫色没食子素的mg数表示( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ );土壤脲酶活性测定采用靛酚蓝比色法,酶活性以5 g土壤24 h生成NH<sub>3</sub>-N的mg数表示( $\text{mg} \cdot 5 \text{ g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ );土壤硝酸还原酶活性测定采用酚二磺酸比

色法，酶活性以 1 g 土壤 24 h 消耗 NH<sub>3</sub>-N 的 mg 数表示 (mg · g<sup>-1</sup> · 24 h<sup>-1</sup>)<sup>[16]</sup>。

1.3 统计分析

采用 SPSS 26.0 对相关试验数据进行单因素方差分析，组间多重比较采用最小显著差异法 (LSD)<sup>[17]</sup>。

2 结果与分析

2.1 对茶园杂草生物量的影响

如表 1 所示，两次杂草生物量大小均为 CK>T3>T1>T2。CK 杂草生物量显著高于 T1、T2、T3。T2 杂草生物量显著小于 CK、T3。7 月 23 日 T1 和 T3 之间无显著差异，9 月 12 日 T3 杂草生物量显著大于 T1、T2。可见，T2 的杂草防治效果最好，其次为 T1。

| 表 1 不同处理杂草生物量 (kg · hm <sup>-2</sup> ) |                 |                 |
|----------------------------------------|-----------------|-----------------|
| 处理                                     | 7 月 23 日        | 9 月 12 日        |
| CK                                     | 1533.4 ± 112.6a | 6675.3 ± 587.0a |
| T1                                     | 521.5 ± 47.2bc  | 983.4 ± 89.4c   |
| T2                                     | 400.1 ± 38.7c   | 816.7 ± 80.2c   |
| T3                                     | 600.3 ± 53.8b   | 3116.8 ± 289.6b |

注：同列不同小写字母表示各处理间差异显著 (P<0.05)。下同。

2.2 对茶园茶叶产量的影响

各处里间两次观测的总鲜叶产量 (图 1A)、平均发芽密度 (图 1B) 和平均一芽二叶百芽重 (图 1C) 无显著差异。CK 的总鲜叶产量、发芽密度和一芽二叶百芽重略高于 T1、T2、T3，而 T1 的总鲜叶产量、发芽密度和一芽二叶百芽重略低于其他处理。表明各处理间总鲜叶产量无显著差异，T1 产量略低于其他处理。

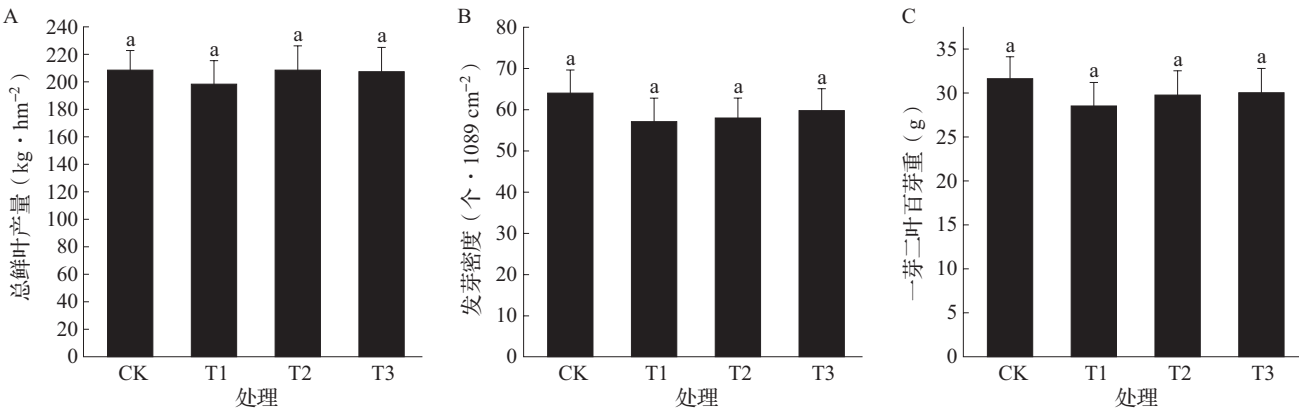


图 1 各处理的总鲜叶产量、平均发芽密度和平均一芽二叶百芽重

注：图柱上不同小写字母表示处理间差异显著 (P<0.05)。下同。

2.3 对茶叶主要品质成分的影响

各处理间的水浸出物、咖啡碱、茶多酚和游离氨基酸含量以及酚氨比无显著差异 (表 2)。T1 的咖啡碱和游离氨基酸含量略高于其他 3 个处

理，而酚氨比值最低。T3 的酚氨比值略低于 T2、CK，T2、CK 的酚氨比值相等。初步表明各处理间的品质成分无显著差异，T1 略微有利于提高绿茶品质。

表 2 不同处理的一芽二叶干茶水浸出物、咖啡碱、茶多酚、游离氨基酸含量和酚氨比

| 处理 | 水浸出物 (%)    | 咖啡碱 (%)    | 茶多酚 (%)     | 游离氨基酸 (%)  | 酚氨比        |
|----|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| CK | 48.8 ± 4.3a | 2.3 ± 0.1a | 17.8 ± 1.6a | 2.3 ± 0.1a | 7.7 ± 0.6a |
| T1 | 49.1 ± 4.2a | 2.6 ± 0.2a | 17.0 ± 1.5a | 2.4 ± 0.1a | 7.1 ± 0.5a |
| T2 | 49.4 ± 4.6a | 2.3 ± 0.1a | 17.6 ± 1.3a | 2.3 ± 0.1a | 7.7 ± 0.6a |
| T3 | 49.2 ± 4.1a | 2.3 ± 0.1a | 17.1 ± 1.4a | 2.3 ± 0.1a | 7.4 ± 0.6a |

## 2.4 对茶园土壤湿度、pH 值和肥力的影响

如图 2A 所示, T1、T2、T3 的土壤湿度分别为 76.5%、78.2%、63.8%, 显著高于 CK (49.8%)。CK、T3 的土壤湿度显著低于 T1、T2。相对于清耕, 种植绿肥和覆盖都可显著提高土壤湿度, 覆盖

防草布 (T2) 效果最好。CK、T1、T2、T3 的土壤 pH 值分别为 4.65、4.64、4.31、4.71 (图 2B), 各处理间无显著差异, T2 的土壤 pH 值最低, 比 CK 低 7.3%, 表明 T2 可降低土壤 pH 值。

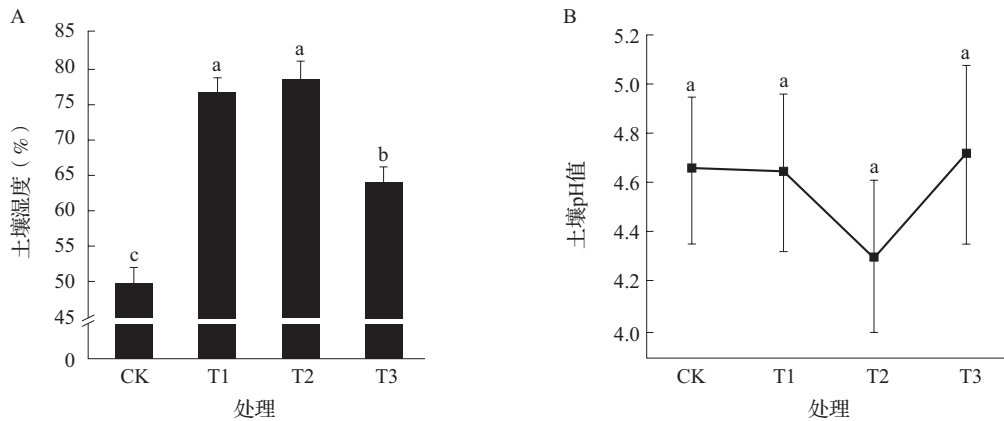


图 2 不同处理的土壤湿度和土壤 pH 值

由表 3 可知, 各处理间的有机质、全氮含量无显著差异。相较于 CK, T1、T2 的有机质含量分别增加了 7.3%、12.0%, T3 降低了 1.3%。CK、T2 的全磷含量显著高于 T1、T3, CK、T3 的全钾含量显著高于 T1、T2。T1 的水解性氮含量显著高于 CK, 增加了 8.2%; T2、T3 的水解性氮含量显著低于

CK, 分别降低了 14.5%、18.9%。T2 有效磷含量显著低于 CK、T1, 与 T3 无显著差异。T2、T3 的速效钾含量显著高于 CK、T1; T1、T2、T3 的速效钾含量分别比 CK 增加了 11.1%、25.0%、35.6%。总体来看, T1 可提高土壤肥力, T2、T3 可降低土壤水解性氮、有效磷含量。

表 3 各处理的茶园土壤肥力

| 处理 | 有机质<br>( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 全氮<br>( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 全磷<br>( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 全钾<br>( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 水解性氮<br>( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 有效磷<br>( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 速效钾<br>( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |
|----|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| CK | $27.61 \pm 2.13\text{a}$                   | $1.55 \pm 0.12\text{a}$                   | $6.86 \pm 0.61\text{a}$                   | $18.32 \pm 0.16\text{a}$                  | $137.09 \pm 9.36\text{b}$                    | $43.08 \pm 3.51\text{a}$                    | $208.08 \pm 18.47\text{b}$                  |
| T1 | $29.63 \pm 2.57\text{a}$                   | $1.63 \pm 0.13\text{a}$                   | $4.62 \pm 0.39\text{b}$                   | $15.24 \pm 0.14\text{b}$                  | $148.28 \pm 9.42\text{a}$                    | $47.12 \pm 3.89\text{a}$                    | $231.16 \pm 18.98\text{b}$                  |
| T2 | $30.92 \pm 2.86\text{a}$                   | $1.61 \pm 0.13\text{a}$                   | $6.13 \pm 0.66\text{a}$                   | $15.76 \pm 0.13\text{b}$                  | $117.19 \pm 8.97\text{c}$                    | $36.41 \pm 3.26\text{b}$                    | $260.07 \pm 22.61\text{a}$                  |
| T3 | $27.24 \pm 2.53\text{a}$                   | $1.41 \pm 0.11\text{a}$                   | $4.82 \pm 0.31\text{b}$                   | $18.19 \pm 0.17\text{a}$                  | $111.16 \pm 8.65\text{c}$                    | $41.28 \pm 3.75\text{ab}$                   | $282.38 \pm 21.43\text{a}$                  |

## 2.5 对茶园土壤酶活性的影响

### 2.5.1 各处理的土壤酶活性

土壤淀粉酶活性为  $\text{T3} > \text{T1} > \text{CK} > \text{T2}$ ; T3 的土壤淀粉酶活性显著高于其他处理, 比 CK 增加了 20.8%; T2 显著低于其他处理, 比 CK 降低了 18.1%; CK 和 T1 之间无显著差异 (图 3A)。土壤多酚氧化酶活性为  $\text{T1} > \text{CK} > \text{T2} > \text{T3}$ , 各处理间差异显著 (图 3B)。T1、T2、T3 的过氧化氢酶活性分别比 CK 低 3.1%、2.8%、4.9%, 且各处理间无显著差异 (图 3C)。T1 的土壤酸性磷酸酶活性显著高于其他处理, T2、T3 的土壤酸性磷酸酶活性略低于 CK (图 3D)。

### 2.5.2 T2 根际、防草布边缘、大行中间土壤酶活性

T2R、T2WCE、T2MBL 的土壤多酚氧化酶活性分别为 29.28、52.60、17.16  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ , 呈显著差异 (图 4A)。T2WCE 的土壤过氧化氢酶活性为 4.06  $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ , 显著高于 T2R (3.38  $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ )、T2MBL (3.34  $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ ) (图 4B)。T2MBL 的土壤脲酶活性为 2.74  $\text{mg} \cdot 5 \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ , 显著低于 T2R (15.73  $\text{mg} \cdot 5 \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ )、T2WCE (14.25  $\text{mg} \cdot 5 \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{h}^{-1}$ ) (图 4C)。

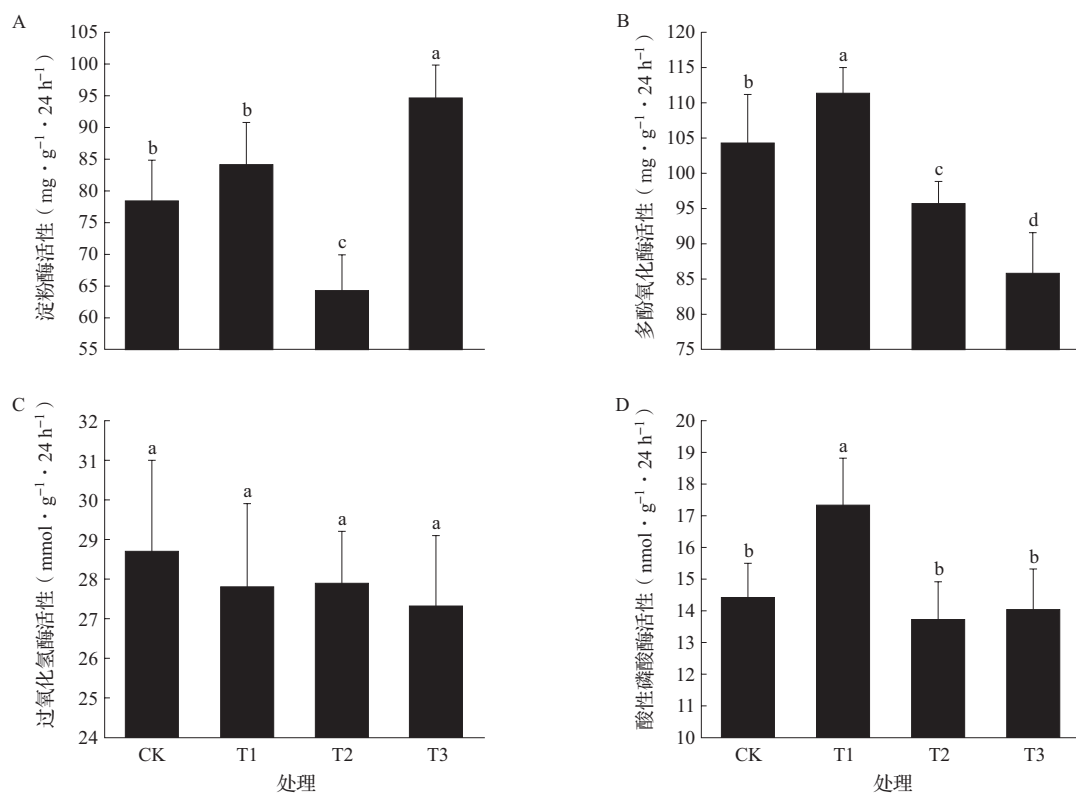


图3 不同处理的土壤淀粉酶、多酚氧化酶、过氧化氢酶和酸性磷酸酶活性

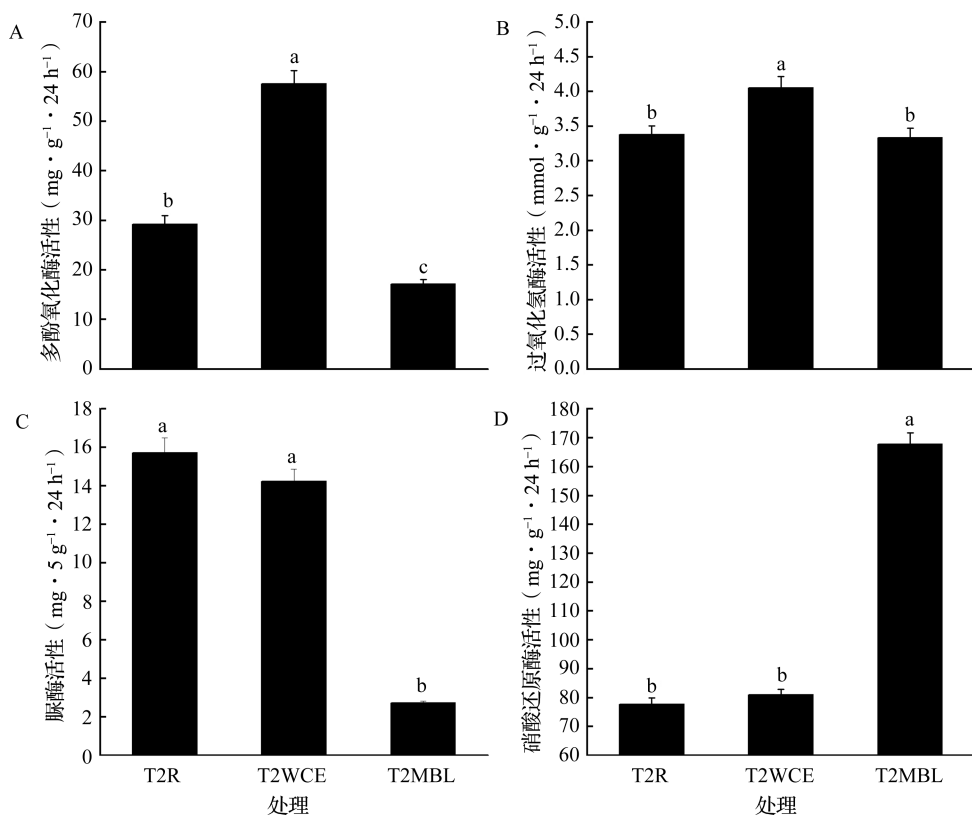


图4 T2 的根际 (T2R)、防草布边缘 (T2WCE) 和大行中间 (T2MBL) 的

土壤多酚氧化酶、过氧化氢酶、脲酶和硝酸还原酶活性

注: 图中土壤多酚氧化酶、过氧化氢酶活性测定方法与图3不同。

T2R、T2WCE、T2MBL 的硝酸还原酶活性分别为 77.83、81.02、167.79  $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot 24 \text{ h}^{-1}$ ，T2MBL 的硝酸还原酶活性显著高于 T2R、T2WCE（图 4D）。再次说明，防草布覆盖显著降低了土壤多酚氧化酶活性，而对土壤过氧化氢酶活性影响不大。防草布覆盖显著降低了土壤脲酶活性、显著增加了土壤硝酸还原酶活性，结合肥力分析，表明 T2 可引起氮肥流失、降低氮肥利用率。防草布边缘略微降低土壤脲酶活性、增加硝酸还原酶活性，不利于氮素利用。

2.6 不同处理的成本分析

茶树树冠面和未覆盖到的地方，杂草滋生、地

膜极易破碎长草，需要进行人工清除。‘茶肥 1 号’幼苗期需要除草 2 次。黑色聚丙烯防草布和地布钉使用寿命 3 年以上，按 3 年使用期限，原料价格按 3 年平均计算。黑色聚丙烯防草布和黑色聚乙烯地膜成本每年每公顷分别为 3000 和 1950 元，地布钉成本每年每公顷为 425 元，‘茶肥 1 号’种子成本每年每公顷为 1500 元。

T1、T2、T3 每年每公顷总成本分别为 CK 的 79.5%、62.6%、58.3%，3 种处理均可大幅降低除草成本（表 4）。结合杂草生物量防治效果，T2 的综合效果最好。

表 4 不同处理的每年每公顷总成本 (元 ·  $\text{hm}^{-2}$ )

| 处理 | 材料费  | 播种费 | 割青、覆盖费 | 揭盖费  | 除草费   | 总成本   |
|----|------|-----|--------|------|-------|-------|
| CK | 0    |     |        |      | 11700 | 11700 |
| T1 | 1500 | 975 | 1950   |      | 4875  | 9300  |
| T2 | 3425 |     |        | 1950 | 1950  | 7325  |
| T3 | 1950 |     |        | 1950 | 2925  | 6825  |

注：劳务费包括播种费，割青、覆盖费，揭盖费，除草费，按 130 元 ·  $\text{d}^{-1}$  计算。

3 讨论

3.1 间作绿肥、覆盖对茶园杂草生物量、茶叶产量品质的影响

茶园间作绿肥、覆盖减少土壤裸露，遮光性强，可有效抑制杂草生长。间作‘黑麦草’对茶园杂草防控效果达 80% 以上，还可有效控制茶园虫害的发生<sup>[18]</sup>。蒋慧光等<sup>[15]</sup>研究发现防草布和黑色地膜对杂草的防治效果分别达到了 100% 和 93.5%。与这些研究结果相似，在本研究中，T1、T2、T3 的杂草生物量均显著低于 CK，T2 的杂草防控效果最好。本研究的 T3 杂草防治效果不如 T1，尤其是 9 月 12 日的杂草生物量显著高于 T1，其原因可能是难降解的普通黑地膜使用寿命短，受自然风化、机械耕作和踩踏的影响，极易破碎，杂草滋生<sup>[19-20]</sup>。

本研究各处理间的茶叶产量和主要品质成分无显著差异。T1 产量略低于其他处理，但略有利于提高绿茶品质。可能是没有及时刈割‘茶肥 1 号’，遮光过度，降低了茶树光合能力，引起产量下降。傅海平等<sup>[21]</sup>研究认为茶园间作‘茶肥 1 号’需采用适当的比例分批进行刈割，提高茶树净光合速率。适当遮阴有利于茶树氮代谢、抑制碳代谢，而提高绿茶品质<sup>[22]</sup>。因此，间作有高秆绿肥的茶园特别是幼龄茶园，需合理刈割，促进茶树生长。

3.2 间作绿肥、覆盖对茶园土壤肥力、土壤酶活

性的影响

本研究显示 T3 的保湿能力不如 T1、T2，其原因可能是地膜破碎导致土壤水分蒸发散失加剧。T1 的保湿能力不如 T2，可能是‘茶肥 1 号’生长需要消耗大量水分。各处理间的 pH 值无显著差异，T2 可能会降低土壤 pH 值。李发康等<sup>[23]</sup>研究发现，苹果园覆盖园艺地布可有效提升土壤水分含量、降低土壤 pH 值。这可能是地布覆盖后提升了土壤含水量，增加了土壤有效铝含量，促进了交换酸的产生，进而降低了土壤 pH 值。多数研究表明，种植绿肥可提高肥力、改善土壤理化性质<sup>[6-9]</sup>，本研究种植的‘茶肥 1 号’也得到了类似效果。

参与有机碳、氮、磷等元素分解相关的土壤淀粉酶、过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶、硝酸还原酶、酸性磷酸酶等，能较大幅度地反映土壤肥力状况<sup>[24]</sup>。土壤淀粉酶可以分解土壤中的淀粉，是土壤有机碳循环的重要酶<sup>[25]</sup>；土壤过氧化物酶可以氧化土壤中的有机质，加速土壤有机物转变为稳定腐殖质<sup>[26]</sup>；土壤多酚氧化酶是土壤有机质形成的关键酶，是土壤腐殖化的一种媒介，与过氧化物酶具有协同作用<sup>[27]</sup>。脲酶可将有机氮化物转化为植物可直接吸收利用的无机氮<sup>[28]</sup>。土壤硝酸还原酶在嫌气厌氧条件下，将硝酸盐( $\text{NO}_3^-$ )转化为亚硝酸盐( $\text{NO}_2^-$ )，并最终转化为氮气<sup>[24]</sup>。土壤酸性磷酸酶促进土壤有机磷的矿化与分解，有助于植物对

磷的吸收<sup>[29]</sup>。本研究显示,种植绿肥、防草布覆盖、地膜覆盖均可略微降低土壤过氧化氢酶活性,防草布覆盖显著降低了脲酶活性。研究其原因可能是覆膜增加了土壤湿度,使微生物和根系呼吸增加,CO<sub>2</sub>分压增高,降低了土壤氧化还原电位,同时受土壤pH值下降的影响,从而抑制了这两种酶的活性。有研究发现,玉米地<sup>[28]</sup>、蚕豆地<sup>[30]</sup>覆膜之后的脲酶、过氧化氢酶活性较不覆盖有所降低,与本研究结果一致。也有研究认为,脲酶、酸性磷酸酶活性来源于蚯蚓、食细菌线虫的排泄物,土壤接种蚯蚓、食细菌线虫均极显著提高了土壤脲酶和酸性磷酸酶活性<sup>[31]</sup>。本研究的防草布覆盖可能不利于蚯蚓、食细菌线虫生存,而降低了土壤脲酶和酸性磷酸酶活性。种植‘茶肥1号’和地膜破碎,有利于蚯蚓生长,这也可能是T1和T3的酸性磷酸酶活性高于T2的原因。田寿乐等<sup>[32]</sup>研究发现,黑白地膜覆盖降低了山地板栗园土壤酸性磷酸酶活性,与本研究结果一致,这可能是T2、T3土壤有效磷含量低的原因。有研究认为,砂姜黑土秸秆覆盖量过高不利于增加土壤淀粉酶活性,适度覆盖相对于不覆盖可以显著增加土壤淀粉酶活性<sup>[25]</sup>。本研究T1和T3的土壤淀粉酶活性均高于CK,而T2的土壤淀粉酶活性低于CK,与上述研究结果一致。随着毛竹林地表稻草覆盖年限的增加,土壤多酚氧化酶活性表现下降的趋势<sup>[27]</sup>。本研究T2、T3的土壤多酚氧化酶活性低于CK,而T1的土壤多酚氧化酶活性高于CK,可能是土壤通气性较差、pH值降低、缺氧,酶活性受抑制。本研究显示,防草布覆盖的土壤硝酸还原酶活性显著高于未覆盖,可能是覆盖提供了厌氧条件,促进了该酶的活性,引起氮素的损失,这也可能是T2、T3的土壤氮素含量低于CK的原因。4个处理中T2的土壤有机质含量最高,其土壤淀粉酶、过氧化氢酶活性、多酚氧化酶活性均低于CK,这些酶的活性受到了抑制,不利于有机碳转化。

#### 4 小结

本研究表明T1可略微降低茶树新梢酚氨比,改善土壤理化性质、提高土壤肥力,但需合理刈割而促进幼龄茶树生长;T3的成本最低,但是普通黑地膜使用寿命短,后期防控效果差,极易破碎形成残膜,污染环境;T2的综合效果更好,但存在降低有机碳、磷等分解的相关酶活性,促进反硝化作用等问题,因此还需优化完善。

#### 参考文献:

- [1] 胡方洁,杨海滨,盛忠雷,等. 茶园杂草控制研究进展[J]. 河南农业科学, 2018, 47(10): 7-11.
- [2] Sen S, Pathak S K, Suam M L. Weed flora of tea plantations of RiBhoi district of Meghalaya, India with a glimpse on its ethno biological value [J]. World Scientific News, 2016, 56: 82-96.
- [3] 郭胡津,曾小燕,林艺珊,等. 我国茶园杂草研究进展与展望[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2017, 14(6): 8-12.
- [4] Peiris H M P, Nissanka S P. Affectivity of chemical weed control in commercial tea plantations: a case study in Hapugastenne estate, Maskeliya, Sri Lanka [J]. Procedia Food Science, 2016, 6: 318-322.
- [5] 林威鹏,凌彩金,郜礼阳,等. 茶园杂草防控技术研究进展[J]. 中国茶叶, 2020, 42(1): 20-28.
- [6] 严芳,娄艳华,陈建兴,等. 间作白三叶草对茶园温湿度和茶树根系生长的影响[J]. 热带作物学报, 2017, 38(12): 2243-2247.
- [7] 卢杉杉,高水练,郭彬,等. 套种紫花苜蓿对茶园土壤及茶叶品质的影响[J]. 茶叶通讯, 2019, 46(2): 154-161.
- [8] 詹杰,李振武,邓素芳,等. 套种圆叶决明改善茶园生态环境促进茶树生长[J]. 热带作物学报, 2019, 40(6): 1055-1061.
- [9] 张亚莲,常硕其,傅海平,等. 茶肥1号埋青对茶园土壤的生态效应研究[J]. 茶叶通讯, 2011, 38(4): 22-25.
- [10] 王会,王玉,丁兆堂,等. 越冬期茶园覆盖的生态效应及对茶树生理指标的影响[J]. 北方园艺, 2011(24): 5-9.
- [11] 姚健,崔清梅,张强,等. 茶园地膜覆盖对茶园地温及成活率的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(18): 183-185.
- [12] Steinmetz Z, Wollmann C, Schaefer M, et al. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? [J]. Science of the Total Environment, 2016, 550: 690-705.
- [13] Yin X H, Seavert C F. Feasibility of using polypropylene weed barrier upon consideration of long-term responses of sweet cherry nutrition and profitability [J]. Agricultural Sciences, 2012, 3(4): 594-601.
- [14] Zhang H, Miles C, Ghimire S, et al. Polyethylene and biodegradable plastic mulches improve growth, yield and weed management in florican red raspberry [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 250: 371-379.
- [15] 蒋慧光,张永志,朱向向,等. 防草布在幼龄茶园杂草防治中的应用初探[J]. 茶叶学报, 2017, 58(4): 189-192.
- [16] 李振高,骆永明,滕应. 土壤与环境微生物研究法[M]. 北京: 科学出版社, 2008. 395-421.
- [17] 周鑫斌,赵婷婷,周紫嫣. SPSS 25.0在农业试验统计分析中的应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2019. 36-91.
- [18] 刘彩霞,江新风,李文金,等. 茶园间作绿肥生态控草技术研究[J]. 陕西农业科学, 2020, 66(11): 26-28.
- [19] 邹小阳,牛文全,刘晶晶,等. 残膜对土壤和作物的潜在风

- 险研究进展 [J]. 灌溉排水学报, 2017, 36 (7): 47-54.
- [20] Qi Y L, Yang X M, Pelaez A M, et al. Macro-and micro-plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth [J]. Science of the Total Environment, 2018, 645: 1048-1056.
- [21] 傅海平, 周品谦, 王沅江, 等. 茶园间作高秆绿肥“茶肥1号”不同刈割处理对茶树光合日变化的影响 [J]. 茶叶通讯, 2018, 45 (1): 14-19.
- [22] 秦志敏, John T, 冯卫英, 等. 遮光对丘陵茶园茶叶产量指标和内含生化成分的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2011, 34 (5): 47-52.
- [23] 李发康, 谢玉琴, 薛应钰, 等. 苹果树根域土壤理化性质对园艺地布覆盖的响应 [J]. 干旱地区农业研究, 2020, 38 (5): 123-129.
- [24] Dindar E, Sagban F O T, Baskaya H S. Evaluation of soil enzyme activities as soil quality indicators in sludge-amended soils [J]. Journal of Environmental Biology, 2015, 36 (4): 919-926.
- [25] 张向前, 陈欢, 赵竹, 等. 不同秸秆覆盖水平对砂姜黑土生物学性状的影响 [J]. 生态环境学报, 2015, 24 (4): 610-616.
- [26] 曹慧, 孙辉, 杨浩, 等. 土壤酶活性及其对土壤质量的指示研究进展 [J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9 (1): 105-109.
- [27] 赵睿宇, 李正才, 王斌, 等. 不同年限地表覆盖对毛竹林土壤酶及土壤养分的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2019, 41 (4): 741-750.
- [28] 白雪, 周怀平, 解文艳, 等. 不同类型地膜覆盖对玉米农田土壤酶活性的影响 [J]. 农业资源与环境学报, 2018, 35 (4): 381-388.
- [29] 孔涛, 李勃, 柯杨, 等. 蔬菜废弃物堆肥对设施蔬菜产量和土壤生物特性的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2017 (5): 157-160.
- [30] 倪丽佳, 李非里, 刘秋亚, 等. 地膜覆盖对土壤微生态环境的影响 [J]. 浙江工业大学学报, 2011, 39 (4): 407-410.
- [31] 孔令雅, 李根, 李引, 等. 接种蚯蚓和食细菌线虫对红壤性状及花生产量的影响 [J]. 土壤, 2013, 45 (2): 306-312.
- [32] 田寿乐, 孙晓莉, 沈广宁. 不同覆盖物对山地板栗园土壤性状及幼苗生长的影响 [J]. 山东农业科学, 2017, 49 (11): 37-44.

#### Effects of different weed control treatments on tea yield and quality, soil fertility and enzyme activity

LIU Sheng-chuan<sup>1</sup>, MA Lin-hong<sup>1</sup>, HE Sheng-ling<sup>4</sup>, CHEN Zhi-xiong<sup>1</sup>, LIN Chang-song<sup>3</sup>, YAN Dong-hai<sup>2\*</sup>, XU Lin<sup>1\*</sup>  
(1. School of Biological and Environmental Engineering, Guiyang University, Guiyang Guizhou 550005; 2. Tea Research Institute, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang Guizhou 550006; 3. Guizhou Institute of Technology, Guiyang Guizhou 550003; 4. Institute of Biotechnology, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang Guizhou 550006)

**Abstract:** Effects of different weed control treatments in tea garden were studied to find out an approach of low cost, good effect, non-pollution to deal with weeds, and provide theoretical support for green and efficient weed control. Four treatments were carried out in the same young tea garden from 2019 to 2020, including clean tillage (CK), intercropping with ‘Chafei No.1’ (T1), weed barrier fabric (T2) and black plastic film (T3). Weed biomass, tea yield, tea quality composition, soil physical and chemical properties, soil enzyme activity in four treatments were monitored, and economic profits were compared and analyzed. The result that the amount of weed biomass was CK>T3>T1>T2, and CK was significantly higher than other treatments. No significant differences in tea yield and quality composition among four treatments were observed. Yield and phenol ammonia ratio in T1 were slightly lower than other treatments. Soil moisture for T1, T2 and T3 was 76.5%, 78.2% and 63.8%, respectively, and was significantly higher than that for CK (49.8%). Soil pH of T2 was 7.3% lower than that of CK. T1 could improve soil fertility, while T2 and T3 may reduce soil hydrolyzable nitrogen and available phosphorus content. Soil amylase activity was T3>T1>CK>T2, and T2 was significantly lower than other treatments. Soil polyphenol oxidase was T1>CK>T2>T3, and there were significant differences among the treatments. Catalase activities in T1, T2 and T3 was 3.1%, 2.8% and 4.9% lower than that in CK, respectively. Soil acid phosphatase activity in T1 was significantly higher than that in CK. Soil acid phosphatase activity of T2 and T3 was slightly lower than that of CK. Soil polyphenol oxidase activity in rhizosphere (T2R), weed cloth edge (T2WCE) and middle of the big lines (T2MBL) of T2 was 29.28, 57.60 and 17.16 mg · g<sup>-1</sup> · 24 h<sup>-1</sup>, respectively. Soil catalase activity of T2WCE was significantly higher than that of T2R and T2MBL. Soil urease activity for T2MBL was significantly lower than that for T2R and T2WCE. Soil nitrate reductase activity in T2MBL was significantly higher than that in T2R and T2WCE. The total annual cost per hectare in T1, T2 and T3 was 79.5%, 62.6% and 58.3% of CK, respectively. Our data suggested that T2 had the best overall effect, but there are still some problems to be solved, such as the decreasing of activity of related enzymes involved in the decomposition of organic carbon, phosphorus and other elements, and the promoting of denitrification.

**Key words:** tea plantation; weed control; yield and quality; soil fertility; soil enzyme activity; economic profit