茶园杂草防控技术研究进展

林威鹏，凌彩金*，郜礼阳，周巧仪，刘淑媚

广东省农业科学院茶叶研究所　广东省茶树种质资源创新利用重点实验室，510640

摘要：化学除草因快速、高效、低成本等优点，受到农民的青睐。但是化学除草剂的过量使用，易造成水土流失，加速杂草抗性形成，污染地下水等诸多生态环境问题。因此，践行绿色发展观，发展替代技术显得尤为重要。从防控技术出发，综述了我国茶园主要杂草防控技术优缺点，提出不同技术的适用条件，以期为茶园草害防控和茶农科学除草提供可操作性的指导与建议。

关键词：茶园杂草；防控技术；比较分析；研究进展

Frontier Trends of Weed Control Technology in Tea Gardens

LIN Weipeng, LING Caijin*, GAO Liyang, ZHOU Qiaoyi, LIU Shumei

Tea Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangdong Key Laboratory of Tea Plant Resources Innovation & Utilization, GuangZhou 510640, China

Abstract: There is a shortage of rural labor in China, and farmers have a relatively low level of education. Chemical weeding is favored by farmers due to its advantages such as fast, high efficiency, and low cost. However, the excessive use of chemical herbicides can easily cause soil erosion, accelerate the formation of resistance to weeds, and pollute groundwater. Therefore, it is particularly important to implement the green development concept and develop alternative technologies. Based on the prevention and control technologies, the advantages and disadvantages of the main weed prevention and control technologies in tea plantations in China were summarized. The applicable conditions of different technologies was also proposed with a view to providing operable guidance and suggestions for the prevention and control of tea garden weeds and the scientific weeding by tea farmers.

Keywords: weeds in tea plantations, prevention and control technologies, comparative analysis, research progress

基金项目：广东省现代农业产业技术体系创新团队项目（2019LM1094）、广东省乡村振兴和农业科技创新项目（2019DZX014）。
作者简介：林威鹏，男，助理研究员，主要从事茶叶产地环境评价与治理研究。*通讯作者，E-mail：lingcaijin@163.com。

杂草防控是茶园生产管理的一项重要工作，茶园杂草会与茶树争肥争水争光[1-2]，杂草还是许多病原菌和茶树害虫的过渡寄主[3]。因此，不合理的茶园杂草管理将间接影响茶树生长发育，最终影响茶叶的产量与品质，降低茶产品经济价值。长期以来，相对于茶树病虫害研究，茶园草害研究相对较少。国内外针对茶树防控研究所出版的著作、教材均以虫害和病害为主，未见有草害的研究报道[4]。目前，我国农村劳动力短缺，农民文化水平相对较低，接受新事物能力较差[5-6]，上述情况决定了我国现阶段农业生产需要简单易行的生产管理技术[7]，而化学除草为简约化栽培提供了技术支撑。

化学除草剂具备快速、高效、低成本等优点，农民对除草剂的依赖性也越来越强[8]。当前茶园登记可用除草剂仅有6类107个产品，低于柑橘（8大类478个产品），远低于玉米（1 878个产品）、水稻（2 273个产品），其中草甘膦及其衍生物应用最为广泛。单一除草剂的长期使用可能会促使杂草抗药性上升，降低药效。过度依赖化学除草剂还会引发农残增加，生物多样性降低，水土流失加剧等诸多食品安全与生态环境问题。另外，茶园杂草绿色防控技术研究相对匮乏，且操作复杂、成本较高，难以进行大规模示范推广。上述因素不利于茶园杂草绿色安全高效防控技术的发展。知网文献统计结果显示，茶园杂草相关研究的文献发表量呈逐年递增趋势，从1959年的1篇增长至2018年的15篇，其中2014年达19篇，表明对茶园杂草研究的重视加深。

近年来，相关学者较为全面地综述了我国茶园杂草主要类型、发生规律、分布特征与防控方法[4, 9-11]。茶园杂草管理，防控技术是关键，但目前缺乏针对茶园杂草防治技术效果与成本的综合比较。因此，本综述试图从防控技术的角度，对已有茶园防控技术的优缺点进行分析，提出不同技术的适用条件，为茶园草害防控和茶农科学除草提供可操作性的指导与建议。

一、我国茶园杂草主要类群与特征

齐蒙等[12]通过清单法整理1959—2018年中国茶区茶园杂草文献及茶园杂草信息，筛选出有效名录241条。在此基础上扩大统计阈值，得到高频杂草（出现频率>29%）34种（表1）。通过与中国农田恶性杂草名录[13]和中国外来入侵植物名录[14]进行对比，发现有12种杂草属于恶性杂草。

所筛选出的茶园高频杂草中，单子叶类杂草11种，双子叶类杂草22种，蕨类杂草1种。主要恶性杂草中，马唐、牛筋草、白茅、看麦娘、香附子、碎米莎草属于单子叶类杂草，马齿苋、小蓬草、一年蓬、铁苋菜、猪殃殃、酸模叶蓼属于双子叶类杂草（图1）。这些种类的杂草繁殖能力和入侵能力非常强，极有可能发展为茶园主要恶性杂草，因此应该加强对这些种类杂草的重视。

二、茶园杂草防控的主要技术与措施

1. 化学除草

截至2019年6月，我国农药登记数据库登记在册的茶园可用除草剂有6大类，分别为西玛津、扑草净、 莠去津、草甘膦（草甘膦铵盐、草甘膦异丙胺盐、草甘膦钾盐）、草铵膦、 灭草松，共计107个产品。茶园可用除草剂名单见表2。

（1）化学除草剂的类型与作用

目前，茶园登记可用除草剂，西玛津、扑草净和莠去津属于土壤处理剂（苗前封闭剂），其施用位置为土壤表层，通过杂草的根、芽鞘或者下胚轴等部位吸收而发挥作用。这类除草剂对于未出土的杂草防治效果较好，对已出土的杂草防效较差。以上3类除草剂的使用均具有选择性，即仅对部分杂草有杀灭作用，其中西玛津和莠去津主要防治对象为一年生杂草，而扑草净则为阔叶类杂草。

草甘膦及其衍生物、草铵膦和灭草松3类除草剂属于茎叶处理剂，其施用位置为出土杂草茎

表1 茶园高频杂草名录

纲	科	属	种	拉丁名	出现概率/%	主要恶性杂草
双子叶	石竹科	繁缕属	繁缕	*Stellaria media*	64.70	
双子叶	酢浆草科	酢浆草属	酢浆草	*Oxalis corniculat*	64.70	
单子叶	禾本科	马唐属	马唐	*Digitaria sanguinalis*	58.80	#
双子叶	菊科	白酒草属	小蓬草	*Conyza canadensis*	58.80	#
单子叶	禾本科	狗尾草属	狗尾草	*Setariaviridis*	52.90	
单子叶	禾本科	穇属	牛筋草	*Eleusine indica*	52.90	#
双子叶	菊科	苍耳属	苍耳	*Xanthium sibiricum*	47.10	
双子叶	菊科	飞蓬属	一年蓬	*Erigeron annuus*	47.10	#
双子叶	蓼科	蓼属	杠板归	*Polygonum perfoliatum*	47.10	
双子叶	马齿苋科	马齿苋属	马齿苋	*Portulaca oleracea*	47.10	#
双子叶	牻牛儿苗科	老鹳草属	野老鹳草	*Geranium carolinianum*	47.10	
单子叶	莎草科	莎草属	香附子	*Cyperus rotundus*	47.10	#
双子叶	大戟科	铁苋菜属	铁苋菜	*Acalypha australis*	41.20	#
蕨	海金沙科	海金沙属	海金沙	*Lygodium japonicum*	41.20	
双子叶	菊科	蒲公英属	蒲公英	*Taraxacum mongolicum*	41.20	
双子叶	茜草科	拉拉藤属	猪殃殃	*Galium aparine* var. *Tenerum*	41.20	#
双子叶	茄科	茄属	少花龙葵	*Solanum nigrum*	41.20	
单子叶	莎草科	莎草属	碎米莎草	*Cyperus iria*	41.20	#
双子叶	苋科	牛膝属	土牛膝	*Achyranthes bidentata*	41.20	
单子叶	禾本科	白茅属	白茅	*Imperata cylindrica*	41.20	#
双子叶	紫草科	附地菜属	附地菜	*Trigonotis peduncularis*	41.20	
双子叶	大戟科	大戟属	泽漆	*Euphorbia helioscopia*	35.30	
双子叶	菊科	一点红属	一点红	*Emilia sonchifolia*	35.30	
双子叶	葡萄科	乌蔹莓属	乌蔹莓	*Cayratia japonica*	35.30	
单子叶	鸭跖草科	鸭跖草属	鸭跖草	*Commelina communis*	35.30	
双子叶	大戟科	大戟属	地锦	*Euphorbia humifusa*	29.40	
单子叶	禾本科	狗牙根属	狗牙根	*Cynodon dactylon*	29.40	
单子叶	禾本科	荩草属	荩草	*Arthraxon hispidus*	29.40	
单子叶	禾本科	看麦娘属	看麦娘	*Alopecurus aequalis*	29.40	#
单子叶	禾本科	早熟禾属	早熟禾	*Poa annua*	29.40	
双子叶	爵床科	爵床属	爵床	*Rostellularia procumbens*	29.40	
双子叶	蓼科	蓼属	酸模叶蓼	*Polygonum lapathifolium*	29.40	#
双子叶	十字花科	碎米荠属	碎米荠	*Cardamine hirsuta*	29.40	
单子叶	鸭跖草科	鸭跖草属	饭包草	*Commelina bengalensis*	29.40	

注：出现概率=该杂草在文献[12]统计的17篇文献中出现的次数/文献总数×100%；#为主要恶性杂草。

叶，通过地上部茎叶的吸收而发挥作用。草甘膦及其衍生物均属于灭生性内吸传导型茎叶处理剂，其对杂草杀灭不具有选择性，能够杀死所有植物。因此，草甘膦最佳施用时期是目标作物出苗前。在实际茶园使用中，草甘膦常在茶树定植后使用，易造成茶树药害。草甘膦（衍生物）能被植物接触部分吸收，并通过植物体内进行传导，运送到地下根系，对杂草灭除彻底，因此除草起效快、时效长。草铵膦属于灭生性触杀型茎叶处理剂，其对杂草不具有选择性，只对接触部位具有灭除作用，无法对地下部根系及匍匐茎进行杀除。因此，对当季杂草控效较好，但持效性较差。

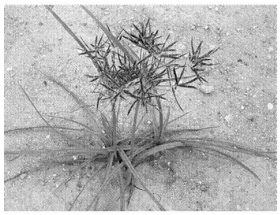
近年来，2种暂未获得农药登记的新型除草

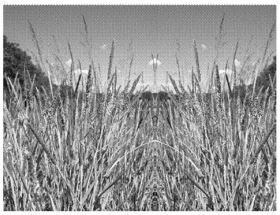

白茅


马唐


香附子


碎米莎草


牛筋草


看麦娘


铁苋菜


马齿苋


小蓬草


一年蓬


猪殃殃


酸模叶蓼

图1 茶园可能的恶性杂草图鉴

表2 茶园可用除草剂名单

商品名	毒性	价格/（元/L）	登记数/件	推荐用量/（L/hm²）	年成本/（元/hm²）	类型	防治对象	使用方法	备注
西玛津	低毒	40*	2	2.25~3.75*	#	选择性，内吸传导型，土壤处理剂	一年生杂草	喷于地面	西玛津的残效期较长（12个月），对某些敏感后茬作物生长有不良影响
扑草净	低毒	40*	6	3.75~6.00*	#	选择性，内吸传导型，土壤处理剂	阔叶杂草	喷于地面	每季最多使用1次，土壤中移动性较强，砂性强的土壤慎用
莠去津（阿特拉津）	低毒	35	19	2.70~4.50	#	选择性，内吸传导型，土壤处理剂	一年生杂草	喷于地面	每季最多施药1次，莠去津的残效期长（6个月以上），对某些后茬敏感作物生长有不良影响
草甘膦	低毒	15	21	3.75~7.50	810	灭生性，内吸传导型，茎叶处理剂	一年生、多年生杂草	茎叶喷雾	每季作物最多使用1次，本品与土壤接触立即失去活性，宜作茎叶处理
草甘膦铵盐	低毒	35	13	3.75~7.50	1410	灭生性，内吸传导型，茎叶处理剂	一年生、多年生杂草	茎叶喷雾	与土壤接触将失去活性，宜作茎叶处理
草甘膦异丙胺盐	低毒	35	38	2.25~6.00	1200	灭生性，内吸传导型，茎叶处理剂	一年生、多年生杂草	茎叶喷雾	每季最多使用1次，本品无土壤残留活性，对未出土杂草无防效
草甘膦钾盐	低毒	60	1	2.70~4.05	1332	灭生性，内吸传导型，茎叶处理剂	一年生、多年生杂草	茎叶喷雾	每季最多使用1次，本品无土壤残留活性，对未出土杂草无防效
草铵膦	低毒	75	3	3.00~4.50	1710	灭生性，触杀型，茎叶处理剂	一年生、多年生杂草	茎叶喷雾	施入农田土壤后可迅速被土壤微生物降解
灭草松	低毒	60	4	3.00~6.00	1800	选择性，触杀型，茎叶处理剂	阔叶杂草	茎叶喷雾	每季最多使用1次，对禾本科杂草无效，茶园使用本品时注意不要把药液喷到茶叶上。

注：*西玛津和扑草净剂型为可湿性粉剂，其价格单位为元/kg，推荐用量单位为kg/hm²；#土壤处理剂不能单独多次使用，故防治成本无法估算。每公顷的年成本=（最大推荐施用剂量×农药价格 +人工费90元）×4。

剂——艾敌达和除草醋在茶园除草试验上得到了初步应用，研究结果表明，其除草效果不亚于传统化学除草剂[15-17]。以上2种除草剂均属于非选择性触杀型茎叶处理剂，对杂草无选择性且仅对接触部分具有灭杀作用。艾敌达有效成分为石蜡油乳油，属于矿物源除草剂，主要作用机制为：阻断植物光合系统的电子传递链，造成植物绿色组织内氧自由基迅速累积，叶片迅速凋萎并干枯至死，该除草剂接触土壤后自动丧失生物活性。除草醋有效成分是竹木醋液（竹炭分馏物），属于植物源除草剂，主要通过竹木醋液中富含的酸性物质破坏植物细胞达到除草目的，具有很好的除草功效。

（2）化学除草剂的优势和不足

化学除草剂因其快速高效、易操作、成本低等优点，在生产实践中更易被接受与广泛使用。但化学除草剂的长期使用，也带来了诸多生态与环境问题。①加速杂草抗药性形成。目前我国登记的茶园可用除草剂有107种，有效剂型仅6种，可轮换品种极少，长期使用单一除草剂，将加速杂草抗药性的形成，降低除草效果，由此进入加大剂量—抗药性增强—再次加大剂量—抗药性继续增强的恶性循环。②过量除草剂施用对茶树产生药害。目前茶园常用除草剂多为灭生性茎叶处理剂（草甘膦及其衍生物、草铵膦、灭草松），因此在喷施过程中，易产生漂移并影响茶树正常生长，容易造成畸形、褪绿、坏死、落叶、矮化、生育期延迟、产量降低等药害，对幼龄茶园的危害更大。③加剧水土流失。目前常用的茶园除草剂主要是草甘膦及其衍生物，而草甘膦属于灭生传导型除草剂，能够传导至植物地下部并产生毒杀作用，最终导致田埂裸露、生态破坏、水土流失。草铵膦属于触杀型茎叶处理剂，仅对接触的杂草产生毒害，但其成本是草甘膦的2倍，因此农户更倾向于使用草甘膦及其衍生物。④除草剂的环境毒性。莠去津和扑草净在土壤中能够进行不可逆吸附[18]。残留除草剂西玛津、莠去津通过地表径流和渗透作用污染洁净水土[19-20]。土壤微生物对促进土壤养分转化和提高植物抗逆性具有重要作用，已有研究表明，除草剂莠去津施用显著影响土壤微生物群落，进而影响土壤微生物功能[21]。除草剂的施用，对土壤动物的生存也有一定影响。草甘膦制剂对蚯蚓具有低毒性，会抑制蚯蚓的生长，降低蚯蚓的产茧量[22]。⑤新型除草剂的潜在危害。新型非化学合成除草剂艾敌达有效成分为95%矿物油，而除草醋有效成分为竹醋（强酸性），两者均属于灭生性、触杀型、茎叶处理除草剂。因此在喷施的过程中，若漂移到茶树上将会影响其正常生长，甚至造成植株枯萎。

2. 人工与机械除草

人工除草主要通过拔除、割除、耕除等措施进行杂草控制，该方法简单、直接、无污染，不失为一种有效的控草途径[23]，但该方法费时费工。据郑旭霞等[24]对江南新建平地茶园调查结果，人工除草平均年成本11 400元/hm^2。本课题组对广东部分丘陵茶区进行调查后发现，新建丘陵茶园，茶树较小，茶行间距较大，可采用效率较高的小型背负式割草机进行除草，日除草面积0.2 hm^2。但幼龄茶园蓬面小，杂草生长迅速，割草机仅能除去杂草地上部，无法破坏杂草根部，每年割草次数较成龄茶园多2～4次，机械除草年成本约为6 750元/hm^2，人工除草成本约为12 600元/hm^2。成龄茶园封行后实际工作空间狭小，较难进行机械除草，多采用人工除草，梯壁可采用背负式割草机除草，按照人工费用120元/d，预计年除草成本12 000元/hm^2。

3. 覆盖抑草

地面覆盖，一方面可以有效阻挡光照，使杂草种子因缺乏光照而无法萌发，同时杂草幼苗因无法进行光合作用而黄化枯死，进而大大降低茶园杂草发生的数量；另一方面覆盖物增加了杂草生长的阻力，使得杂草长势变弱，从而控制了杂

草的生物量[25]。

目前，茶园使用较多的覆盖材料主要有两大类，第一类是作物秸秆、茶树修剪物等农业废弃物，覆盖厚度8～10 cm即可降低杂草数量，附带缓冲地温和减少土壤表层水分蒸发作用[16, 24, 26]。据本课题组调查结果，以广东茶区为例，目前水稻秸秆回收价格在800～1 000元/t（约4 m^3），按已有研究推荐使用量15 t/hm^2，单一稻草成本即为12 000～15 000元/hm^2，加上人工搬运及覆草成本（平地茶园约900元/hm^2，山地丘陵茶园约1 800元/hm^2），实际年总成本为13 000～16 200元/hm^2，该成本较郑旭霞等[24]的研究结果17 025元/hm^2低。采用茶树修剪枝条无需额外费用，就地填埋即可，并且有利于茶园废弃物的循环利用，但茶树修剪枝木质素纤维素含量较高，分解周期可能较长，易成为病原菌和虫卵的冬季寄居地。第二类主要是地膜、防草布等人工合成材料。长期实践表明，黑膜能有效抑制果园、茶园、菜地等杂草的生长，且成本低廉，但地膜易破损、寿命短、难分解且易造成环境污染[25]。我国于20世纪80年代开始从日本引进园艺防草布（由聚丙烯、聚乙烯扁丝高强度耐老化材料窄条编制而成），厚度为普通地膜的数倍，具有结实耐用、牢固性好、亲水透气、保温保墒的特点，使用年限可达3～5 a[27]。近年来，郑旭霞等[24]、蒋慧光等[25]和本课题组将防草布应用于茶园杂草管理，结果表明，茶园行间覆盖防草布，可以明显控制杂草发生，其成本远低于传统的人工除草。本课题组实践表明，防草布铺设方法对杂草防控的效果影响较大。采用全幅铺设法（防草布铺设覆盖至茶树根部），抑草效果好，但不利于中耕施肥；采用半幅铺设法（防草布铺设到茶树滴水线），方便中耕施肥，但茶树底部会滋生杂草，需要人工额外除草。综上所述，建议根据茶树行间距和蓬面大小，采用适宜的铺设方法。如移栽在1 a内茶园，茶树蓬面小，树底荫蔽度小，建议采用全幅防草布铺设法，待茶树长大、蓬面拓宽后，再将防草布部分向中间内翻。对于茶树蓬面大，树下荫蔽度较大茶园（较大荫蔽度下杂草不易生长），采用半幅防草布铺设法，既方便中耕施肥，也能降低铺设成本。

4. 间套作抑草

间套作抑草技术是利用生态位原理在茶园中引种长势强、抗逆性好的植物，率先占据茶行空白生境，以极高的生长速率充满整个空间，达到抑制杂草生长的目的。黎健龙等[28]将豆科作物大豆引入幼龄茶园进行杂草防治，取得良好效果。但该方法存在一定的不足，幼龄茶园种植大豆，需专人开沟与播种，大豆属于直立型作物，无法产生足够的荫蔽度，抑草效果相对较弱。大豆种植需要较大空间，因此仅能在幼龄茶园行距空间较大时种植，不适合成龄茶园的杂草防控。

茶园行间种植豆科绿肥是间作抑草的另一个重要模式。目前已有研究表明，茶园种植白三叶草、紫花苜蓿、圆叶决明均有较好抑草效果[29-30]。此外间作豆科绿肥还能够促进茶叶产量提高[31]、品质提升[32]、土壤养分转化[33-34]，并刺激茶树根系生长[35]等。绿肥种子小，无需专人开沟种植，撒播种植即可，植物能够持续多年自繁，生长速度快，迅速覆盖裸露地面，抑制杂草生长，绿肥多为蔓生匍匐类植物，草势不高，不影响茶树生长。

安徽农业大学李叶云等将鼠茅草引进茶园用于杂草管理，其抑草效果接近80%，成年茶园种植年平均成本仅为3 000元/hm^2。鼠茅草为一年生越冬型禾本科植物，6月中下旬鼠茅草结籽后倒伏枯死，免除人工割草，在地面形成一层厚度6～7 cm的天然草毯，抑制杂草的生长，9月份草籽继续萌发，开始新一轮生长，1次播种可以持续3～5 a。该模式最大的优点为免除人工除草。

近年来，本课题组结合岭南特色中药材，开展了茶园套种广金钱草防治幼龄茶园杂草和水土

流失的研究。广金钱草为豆科多年生匍匐类植物，是《中华人民共和国药典》收录中药品种，需求量日益增大，近3年其收购价保持在5～10元/kg。研究结果表明，广金钱草抑草效果达到80%～85%（图2），其播种方式与绿肥接近，最大优点是附加经济效益高且可以与茶叶错峰采摘。该模式全年可收获广金钱草2 250～3 000 kg/hm^2，产生额外经济效益15 000～30 000元/hm^2。广金钱草采收时间分别为7—8月和11—12月，7—8月份属于暑茶期，为非用工紧张期，而11—12月份则进行冬季清园管理，此时广金钱草采摘刚好可以与冬季管理同步进行。



图2 茶园套作广金钱草抑草效果

三、茶园杂草防控技术的比较

对已报道的茶园杂草防控模式进行统计并比较不同模式下的效果与成本，结果如表3。

在表3的基础上，按照防效平均值和成本平均值将目前主要的茶园杂草防控模式划分为3类（图3）。第一类包括化学除草剂、新型除草剂、覆盖黑色防草布、覆盖黑色地膜、套种广金钱草和间作鼠茅草，其主要特征是防效好且成本低；第二类包括覆盖无纺布和间作大豆，其主要特征是防效好，但成本偏高；第三类包括人工除草、覆盖稻草和覆盖白膜，其主要特征是成本偏高，但防效一般。综合已有茶园杂草防控技术，优选第一类成本低且防效好的技术。在此类技术中，化学除草剂年成本最低，仅为1 170元/hm^2，防效90%左右，属于最优选择，但是化学除草剂存在农药残留与生态环境风险。结合对不同茶园控草技术特点的分析，参考茶园类型和茶树树龄，建议采用合适的防控技术或技术组合进行杂草防控。针对山地丘陵茶园，推荐幼龄茶园优选铺设防草布技术，成龄茶园推荐采用间作鼠茅草或套种广金钱草技术（华南丘陵地区），有机成龄茶园推荐使用新型除草剂（艾敌达、除草醋）和间作鼠茅草。

四、茶园杂草防治技术研究与应用展望

1. 探明茶园杂草功能分类

茶园草类植物是茶园生态系统的重要一员，具备水土保持、改良土壤肥力、稳定茶园生态系统等多重生态功能，对维持茶园生态系统生产力具有重要影响。在茶园生态系统中，由于人工的干预与输入，茶树属于该系统中的优势种。部分恶性杂草的存在可能会与茶树争水争肥争光照，但大部分杂草属于非恶性杂草，属于伴生种或者偶见种，在该茶园生态系统中处于从属位置。非恶性杂草群落的存在，可能成为害虫取食的缓冲带，杂草根系分泌物能在一定程度上分解土壤矿质元素，促进土壤养分释放与土壤熟化，因此，

表3 茶园杂草防控技术对比

防控技术	模式	防效/%	年成本/（元/hm²）	参考文献
覆盖抑草	覆盖茶枝	77.68	—	[16]
	覆盖稻草	51.68~92.30	17025	[24,26,36-37]
	白色地膜	61.16	8715	[24]
	黑色地膜	83.42~93.70	5747	[24-25]
	白色无纺布	97.15	10170	[24]
	黑色防草布	100.00	7080	[25]
间套作抑草	间作白三叶草	17.13~82.71	—	[26,36-37]
	间作圆叶决明	72.17	—	[38]
	间作大豆	81.33~89.66	11250	[28]
	间作绿豆	17.75	11250	[16]
	间作鼠茅草	77.80	3000	据李叶云等统计
	套种广金钱草	90.50	2700	据林威鹏等统计
化学除草剂	草甘膦异丙胺盐	96.70	1200*	[39]
	草甘膦	94.85~100	810*	[15,37]
	草铵膦	41.30~100	1680*	[17,39]
新型除草剂	艾敌达	74.07~100	3960*	[15,17]
	除草醋	91.05	3960*	[16]
人工除草	人工除草	64.65~83.12	11400	[16,24,37,39]

注：*为综合考虑农药的推荐用量、市场价格和附加人工费用（90元/hm²）的估算成本。

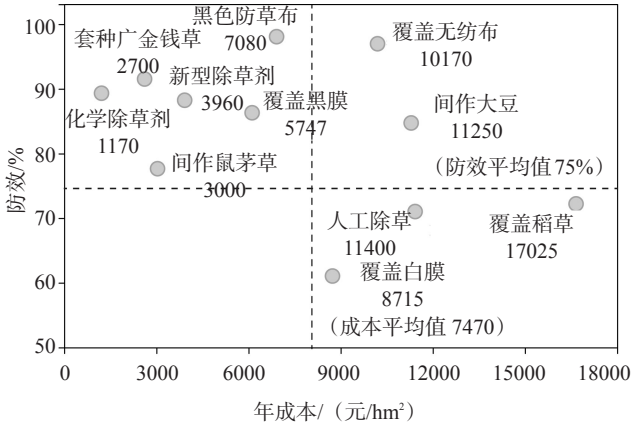


图3 茶园杂草防控技术防效与成本分析

应该重视非恶性杂草潜在的生态功能与价值，探明茶园杂草的功能分类，区分茶园恶性杂草和非恶性杂草类群，建立茶园常见有害有益杂草名录。改除草为控草，甚至养草，清除恶性杂草，保留有益杂草，维持茶园生态系统的多样性与稳定性，将是今后茶园杂草管理策略的重要方向。

2. 加强杂草防控技术的研发

目前，茶园登记可用除草剂种类与产品数量低于同类山地作物柑橘，远低于玉米、水稻和小麦等大宗作物，且已有剂型均为单剂。因此，开展已有作物除草剂在茶园适用性评估研究，是短期内增加茶园可用除草剂的快捷方式。另一方面，开发高效茶园专用除草剂混剂，开发新型助剂，提高除草剂使用效率，也将是茶园杂草综合防治的重要研究方向。

3. 推动杂草防治新技术的推广

加大茶园除草剂安全使用宣传和茶园新型杂草防控技术的示范推广。定期举办相关培训并建设新型杂草防控技术示范基地，科研单位联合企业制定杂草防控技术规程，促进茶园除草剂的减量化与新型杂草防控技术的推广应用。

参考文献

[1] Peiris H M P, Nissanka S P. Affectivity of chemical weed control in commercial tea plantations: a case study in hapugastenne es-

tate, maskeliya, Sri Lanka[J].Procedia Food Science,2016,6: 318-322.

[2] Southwell I,Lowe R.Tea tree the genus melaleuca [M].Boca Raton: CRC Press,1999:81-96.

[3] Sen S, Pathak S K, Suiam M L. Weed flora of tea plantations of Ri Bhoi district of Meghalaya, India with a glimpse on its ethno biological value[J].World Scientific News,2016(56): 82-96.

[4] 王勇，姚沁，任亚峰，等. 茶园杂草危害的防控现状及治理策略的探讨[J]. 中国农学通报，2018，34（18）：138-150.

[5] 赵朝阳，王琪. 陕西粮食生产的现状与发展前景[J]. 陕西农业科学，2010，56（5）：164-166.

[6] 张宗毅，刘小伟，张萌. 劳动力转移背景下农业机械化对粮食生产贡献研究[J]. 农林经济管理学报，2014，13（6）：595-603.

[7] 成德宁，杨敏. 农业劳动力结构转变对粮食生产效率的影响[J]. 西北农林科技大学学报（社会科学版），2015，15（4）：19-26.

[8] 李香菊. 近年我国农田杂草防控中的突出问题与治理对策[J]. 植物保护，2018，44（5）：77-84.

[9] 郭胡津，曾小燕，蔡烈伟，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.

[10] 蒋慧光，舒先飞，张永志，等. 茶园化学除草剂减施技术[J]. 中国茶叶，2018，40（5）：10-14.

[11] 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.

[12] 齐蒙，吴慧平，李叶云，等. 中国茶园杂草有效名录[J]. 中国茶叶，2019，41（3）：29-35.

[13] 强胜. 杂草学[M]. 2版. 北京：中国农业出版社，2011.

[14] 马金双，李慧茹. 中国外来入侵植物名单[M]. 北京：高等教育出版社，2018.

[15] 包强，欧高才，李耀明，等. 有机除草剂艾敌达防除茶园杂草的药效试验[J]. 湖南农业科学，2016（6）：46-48.

[16] 孙永明，李小飞，俞素琴，等. 茶园不同控草措施效果比较[J]. 南方农业学报，2017，48（10）：1832-1837.

[17] 石尚，姚学坤，赵远艳，等. 2种除草剂防除茶园杂草试验效果对比分析[J]. 茶叶通讯，2017，44（2）：40-43.

[18] 马立新，陈吉平，郭荣波，等. 农药保棉磷、敌草隆、莠去津和扑草净在土壤中不可逆吸附研究[J]. 精细化工，2004（6）：456-460.

[19] 苗春云，刘衍忠，谢林，等. 西玛津毒性的研究进展[J]. 环境与健康杂志，2011，28（6）：559-561.

[20] 于建，卞战强，田向红，等. 我国北方某省分散式农村饮水中莠去津残留的生态风险评价和健康风险评价[J]. 环境与健康杂志，2018，35（8）：726-729.

[21] 闫冰，齐月，付刚，等. 莠去津对野生植物群落下土壤微生物功能多样性的影响[J]. 环境科学研究，2017，30（8）：1246-1254.

[22] Yasmin S,Souza D. Effect of pesticides on the reproductive output of *Eisenia fetida*[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology,2007,79(5):529-532.

[23] 向佐湘，单武雄，何秋虹，等. 2种生态控草措施对丘陵茶园杂草群落及物种多样性的影响[J]. 中国生态农业学报，2009，17（5）：857-861.

[24] 郑旭霞，毛宇骁，吴嘉璠，等. 盛夏覆盖对幼龄茶园土壤温湿度和杂草生长的影响[J]. 土壤，2016，48（5）：918-923.

[25] 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.

[26] 肖润林，向佐湘，徐华勤，等. 间种白三叶草和稻草覆盖控制丘陵茶园杂草效果[J]. 农业工程学报，2008（11）：183-187.

[27] Nikolich L,Dzigurski D,Ljevnaich-Masich B,et al.Weeds of lattuce (*Lactuca sativa L.subsp.secalina*) inorganic agriculture[J]. Bulgarian Journal of Agricultural Science,2011,17(6): 736-743.

[28] 黎健龙，涂攀峰，陈娜，等. 茶树与大豆间作效应分析[J]. 中国农业科学，2008（7）：2040-2047.

[29] 李慧玲，林乃铨，郭剑雄，等. 不同绿肥品种在茶园的生态适应性[J]. 茶叶科学技术，2011（4）：24-27.

[30] 毛宇骁，郑旭霞，张伟，等. 幼龄茶园适植绿肥品种筛选[J]. 茶叶，2016，42（1）：16-19.

[31] 黄东风，王利民，李卫华，等. 茶园套种牧草对作物产量及土壤基本肥力的影响[J]. 中国生态农业学报，2014，22（11）：1289-1293.

[32] 詹杰，李振武，邓素芳，等. 茶草互作模式下茶园环境及茶树生长的初步变化[J]. 草业科学，2018，35（11）：2694-2703.

[33] 吴志丹，尤志明，江福英，等. 行间覆盖绿肥对幼龄茶园土壤理化性状的影响[J]. 福建农业学报，2013，28（12）：1285-1290.

[34] 宋莉，廖万有，王烨军，等. 套种绿肥对茶园土壤理化性状的影响[J]. 土壤，2016，48（4）：675-679.

[35] 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.

[36] 徐华勤，肖润林，向佐湘，等. 不同生态管理措施对丘陵茶园杂草生物多样性的影响[J]. 中国农学通报，2010，26（4）：283-286.

[37] 韩敏，李粉华，张海艳，等. 不同控草措施对丘陵茶园杂草的防除技术研究[J]. 江西农业学报，2014，26（7）：55-58.

[38] 罗旭辉，刘明香，罗石海，等. 茶园套种圆叶决明对杂草物种多样性的影响[J]. 热带作物学报，2013，34（12）：2503-2507.

[39] 江新凤，杨普香，李文金，等. 几种除草剂防除茶园杂草药效试验[J]. 蚕桑茶叶通讯，2012（5）：31-32.