

北方茶园抗旱节水栽培关键技术

高原¹，丁兆堂²，王林军^{3*}，修明霞⁴，王玉²，申加枝²

(1·济南市农业技术推广服务中心·山东济南 250001；2·山东省农业科学院茶叶研究所·山东济南 250100；3·威海市农业农村事务服务中心·山东威海 264200；4·乳山市农业农村事务服务中心·山东乳山 264500)

摘要：山东境内的茶园多数栽建在丘陵地或山地内，土壤瘠薄，保肥保水能力差，常常使茶树遭受不同程度的干旱胁迫。为满足茶树正常生长发育对水分的需求，提高茶树抗旱节水能力，探索提出选栽抗旱品种、林网生态调控、增肥沃土添蓄、覆盖生草阻失、精准滴喷补亏等关键性技术措施，能够有效增加水分蓄积、减少水分蒸发散失、提升水分利用效率，精准补充降水亏缺，解决北方茶树生产栽培中的干旱问题。

关键词：北方茶园；抗旱节水；栽培技术

茶树具有喜湿怕旱的特点，对生长环境的湿度条件等有着较高的要求，通常认为适宜的年降水量在 1 200~1 500 mm，要求月降水分布相对均匀，与茶树月需水量大致相当。但中国北方茶区自然环境和立地条件恶劣，以山东为例，春季雨水稀少；夏季雨热同步、降水强度不均；秋季晴空多、气温高、光照强、蒸发量大，时常发生秋旱；冬季除威海、烟台降雪较多外，其它地市降水稀缺、风大，每年都会出现 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 低温天气，低温与干旱叠加影响，加重茶树冻害程度甚至死亡。

自“南茶北引”成功实施以来，日照、临沂、青岛、泰安、威海等地已发展成为中国秦岭、淮河以北最大的茶叶生产基地，但山东省年降水量介于 600~750 mm 且分布不均，自然降水不能满足茶树生长发育需求，干旱缺水成为制约茶产业可持续发展的最主要因素之一。

持续高温少雨和晴热天气，会给茶叶生产造成较大不利影响：一是干旱直接导致幼龄茶园苗木生长势衰弱，甚至整株枯死；二是干旱推迟茶树发芽期，发芽率低、生长滞缓、芽叶瘦弱、嫩度差、苦味重，对茶叶产量和品质带来较大影响。三是生长季茶树受旱后，首先形成驻芽，顶部幼叶首先萎蔫，叶片泛红并出现焦斑，继而整叶枯焦，老叶叶色变为黄绿、淡红，茎轻折易断。随着高温旱情的延续，植株至干枯死亡[1]。四是干旱能诱发较为严重的病虫害；五是越冬期间干旱与低温叠加，加重损伤程度，甚至不能安全正常越冬，导致贮藏越冬营养不足，影响到下一个产季的生产。因此，保证充足的水分供应是北方茶园实现可持续发展、高质量发展的一项基础性工作。

为满足茶树正常生长发育对水分的需求，山东省茶叶技术人员探索提出了**选栽抗旱品种、林网生态调控、增肥沃土添蓄、覆盖生草阻失、精准滴喷补亏**五项关键性技术措施。经过生产实际验证，能够有效地增加水分蓄积、减少水分蒸发散失、提升水分利用效率，精准补充降水亏缺，成功地化解或解决北方茶树生产栽培中的干旱问题。

1 . 选栽优良抗旱型品种

对北方茶区而言，要根据茶树对干旱的忍耐能力和响应程度的不同，有针对性发掘老品种、创育新品种，大量栽植抗旱耐旱能力极强的耐旱基因型优良品种。选育具有较强抗旱性的茶树品种是提高茶树抗旱能力的根本途径^[1]。目前山东等北方茶区引种栽植的茶树，大多是叶片结构紧凑、叶片厚、耐旱性较强的中小叶种。适合北方茶区

选栽的品种主要有：较早引种栽植的品种为福鼎大白茶、中茶 108、龙井 43、龙井长叶、白毫早、御金香、鸠坑早、舒茶早、迎霜、碧香早；近几年新引进栽植有一定面积且表现不错的品种：信阳 10 号、蒙山 9 号、鄂茶 1 号、鄂茶 10 号；山东省自主选育的品种瑞雪、寒梅、青农 38、北茶 1 号、北茶 36 号、鲁茶 1 号、鲁茶 2 号、鲁茶 6 号、鲁茶 7 号、鲁茶 17 号。品种要注意合理搭配早、中、晚品种^[2]。注意关注并选栽本省茶叶管理部门推出的最新品种。

山东等北方茶区科研等部门正在筹划组织技术力量，通过解剖测定叶片结构等技术方法，对现有茶树种质资源进行较为系统的抗旱性鉴定与评价，如对叶片厚度、表皮厚度、栅栏组织厚度与海绵组织厚度、腊质皮层厚度、气孔大小、蒸腾强度以及抗低温能力等，筛选出优质抗低温、抗干旱品种资源。随着分子生物学的技术进步，尤其是高通量测序技术的快速发展应用，开展茶树转录组测序、代谢组学、蛋白质组学及基因组学等研究，为揭示茶树耐旱机理、加速耐旱育种带来了新契机。对茶树耐旱机理的全面理解，融合其他学科高新技术，有望为茶树节水抗旱和灾后恢复提供简捷通用、高效低廉的新技术^[3]。

2 . 建设生态林网、增强蓄水调控能力

通过合理选址、建好生态林网、蓄积雨水、深翻改土、增施肥料和施用保水剂等措施，收集径流水，调节茶园温湿度等环境小气候，提高茶园内的土壤含水量和土壤保水抗旱能力。

2. 1 合理园区选址，整体统筹规划建设

宜选择生态环境良好、自然植被丰富、背风向阳、空气清新、水源充足、水质清洁和土壤未受污染的环境建园，土壤有机质含量 1%

以上、pH 值 4.5—6.5，地下水位不高于 1 m，以土层较深厚、肥力较好、持水透气性强的砂壤土为好。按照水、电、路、防风林等相配套原则，根据生态和生产需要，统筹做好园地的道路、水利、生态、品种、加工、机房等整体规划，合理设置种植小区^[2]。以 10° ~20° 以下的缓坡或斜坡地为好，尽量避免在超过 25° 以上的山地建园。根据规划，做好建园前各项准备工作，包括配套设施建设以及土地整理等。

2.2 建设生态林网，改善局地环境气候

合理网带设计，增强调控能力。生态防护林系统由主林带(含隔离林带)、副林带、小区防护带、遮阴树、地面生草和水生植物等组成。生态防护林呈带状或网状结构，合理搭配，力求“三季有花、四季常绿、色相季相分明”^[2]，在秋冬季能够阻挡凛冽寒风不能直吹到茶树树体上。生态林网的总面积可占到茶园总面积 30%~50%或以上。

主林带应设置在山脊、风口、茶园的西侧和北侧，可包含 4~8 行树，树种由外到内依次为灌木、亚乔木、大乔木、亚乔木、灌木等组成，林带宽度通常为 5~7 m，推荐 15~20 m。其中灌木宜整成绿篱状，地面宜生草。副林带走向与主林带垂直，建设在茶园的东侧和南侧，或南北走向的主干道和支道的侧面，林带宽度至少 2~6 m^[2]。

小区防护林带宜栽植在茶园单个生产小区的周边或者小路、沟渠两侧，可栽植单行乔木，并与栽植灌木绿篱相结合。栽植多行防护林的，可全部栽植常绿树种，也可常绿与落叶树种混配栽植，地面生草；栽植 1~2 行防护林的，多采用常绿树种。栽植常绿性灌木的，宜双行栽植，整形为篱壁状，植株间较密实、有厚度，成型后灌木丛的整体高度宜大于 80cm^[2]。

适宜的防护林树种选择。①**常绿树种**。侧柏、红豆杉、珊瑚树、火棘(枸骨)、石楠、柳杉、白皮松、杉木、海桐、广玉兰、黄杨(冬青)、胶东卫矛、女贞、刚竹、紫竹等。②**落叶树种**。流苏、玉玲(野茉莉)、桦树、楸树、国槐、梅花、欧洲红栎、白腊、栎树、桑树、榛子、枫杨、杜仲、欧李、紫穗槐、君迁子等。若选择栽植竹、构树、火炬树、芦竹等根蘖萌发能力较强的绿植，应利用自然地势或人工障碍进行限根栽植[2]。③**灌木树种**。黄杨、石楠、珊瑚树、胶东卫矛、女贞、火棘、海桐、猫儿刺、六月雪、曼地亚红豆杉、绣球荚、八角金盘等常绿树种；花椒、连翘、胡枝子、锦带花、木槿、夹竹桃、绣球荚蓬、迎春(黄馨)、金银花(忍冬)、红瑞木、欧李(钙果)、蓝莓、石榴、月季、玫瑰、珍珠梅、棣棠等落叶树种。

2. 3 广蓄雨水，增强抵御持续干旱能力

在水源不足的山坡地茶园，应采取各种可以富集雨水的措施，一是对沿等高线修建“内斜式”梯面茶园的，梯面内斜坡度不宜超过 5° ，内侧修筑蓄水“竹节沟”，让降水更多地渗入茶园土壤中；二是开挖截洪沟、泄洪沟，修建“滤沙”池(一级水池)和蓄水池(二级水池)，径流雨水宜经净化后存贮到蓄水池内；三是在园区的相对低点修建方塘、水库等蓄水区，以蓄积更多的径流水。一般每 $13\sim 20\text{ hm}^2$ 茶园需建有一处不小于 $1\ 000\text{ m}^3$ 的方塘、水库等蓄水区，或者在茶园选址时靠近河流等^[2]。

3 . 增肥厚土，提升园地蓄水保肥能力

3. 1 改良土壤，提升园地蓄水保肥能力

不同质地土壤的保水、透气状况不同，砂壤土持水量高于粘壤土、壤土、粘砂土。对土层薄的进行深翻，对土质差的进行改良，改粘土

和沙土地为砂壤土，对土质太差的可采取增加客土等办法，增加茶园土壤的保肥蓄水能力。

茶园土壤深度与土壤含水量成正比。根据国内外对茶园土壤水分的相关研究表明，在土壤容重相同(1.2 g / cm³)、含水率变化幅度相同的情况下(20%~30%)，深耕 20 cm 茶园只能蓄水 24 mm，深耕 60 cm 茶园蓄水 72 mm。提倡全园土壤深翻，活土层宜达 60—80 cm，最好达到 120—150 cm；也可挖栽植沟，大行距 1.6~1.8 m、沟宽 80 cm、沟深 80 cm 左右，按底土、表土、心土顺序回填后沉实。

有条件的茶园，建园时 666.7 m² 施人腐熟牛羊粪 4—10 方，肥力较差地块增施至 10—15 方，或腐熟饼肥 200~500 kg 或商品有机肥 1 000~3 000 kg 混加过磷酸钙 100 kg。有机肥源较少时，在栽植沟深度 40—50 cm 处集中施用，连续使用 3 年以上。根据生长需要，生长季 666.7 m² 施复合肥 15~20 kg，并喷施 0.5% 尿素或多元素液肥 2—3 次，或者叶面喷施 0.5% 磷酸二氢钾水溶液或稀沼气清液等营养液。

3.2 菌根互惠互升，增强寄主抗旱能力

菌根是土壤中的真菌与植物根系形成的互惠共生体，通过接种菌根真菌可以改善寄主植物的水分代谢，提高寄主抗旱性。目前主要应用丛枝菌根(Arbuscular mycorrhizal)真菌。茶苗接种 AM 真菌后，抗旱能力、成活率均提高[3]。菌根技术正在验证中，可在局部试验性地应用。

3.3 施用化学制剂，提高保水、供水能力

茶园应用保水剂、抑蒸腾剂、活性氧清除剂、植物生长调节剂等化学制剂，具有用量少、见效快、无污染等特点。保水剂是一种具

有高吸水特性的功能高分子材料，可反复释水、吸水，具有抗旱保水、保肥增效、改良土壤等作用，采用沟施、穴施、拌根施等方法。

抑蒸腾剂能有效地抑制蒸腾、减少植物体内水分损失，如“农气一号”、黄腐酸(FA)旱地龙等，采用兑水叶面喷施。外源活性氧清除剂可清除活性氧、防止膜脂过氧化，如二苯胺、抗坏血酸、维生素c等，一般采用叶面喷施方法。外源一氧化氮可诱导气孔关闭、清除活性氧而提高作物抗旱性，且具抗寒、抗盐胁迫等功能；此外还有ABA、水杨酸、茉莉酸、多效唑和多胺等化学制剂[3]。近几年，壳聚糖在作物上施用不仅可以调节植物的生长发育，还可以诱导植物产生抗性物质，提高植物的抗逆性，具有广阔的发展前景^[1]。

4 . 覆盖和生草阻减水分无效散失

北方茶园不宜采用清耕制，应采用茶园行间生草与行间生物物质覆盖相结合的土壤管理制度，其中幼龄期可以行间生草或生物物质覆盖，茶蓬封行后的成龄期以行间覆盖为主。降低北方茶园地面水分无效散发的行之有效技术措施是：生草栽培、生物物质覆盖和遮阴网覆盖。

4. 1 生草栽培

茶园生草能够有效提高土壤有机质含量，改善土壤结构，增强土壤保水、保肥和通气能力；能够增加茶园行间绿色覆盖度，减少土壤裸露，降低地温，降低地表径流和水土流失；能够增加雨水渗透，创造小气候条件，增强茶树越冬能力，是一种对环境友好、生态绿色的土壤管理制度。

人工生草。可选择草种有鼠茅草、黑麦草、毛叶苕子(野豌豆)、早熟禾、紫花苜蓿、百喜草、麦冬、沿阶草等；也可选择牛膝、黄芪、元胡、薰衣草等中草药草种。在草高 30~40 cm 或开花结籽前进行刈

割，每年刈割 1—3 次，留茬高度 5—8 cm，豆科草种留 1~2 个分枝，禾本科草留心叶。鼠茅草、毛叶苕子等低秆矮草类无需刈割。刈割中应避免对根系造成破坏，确保茎蔓能二次萌芽。生草 3~5 年后，应适时翻压更新 1 次。人工播种且不以收获果实为目的的大豆、花生、玉米、红小豆等农作物也视为人工生草。幼龄茶园间作花生、大豆、红豆、玉米等农作物，还能够增加茶园的经济收益，近年来在威海、临沂、青岛等北方茶园中得到越来越多的应用。

自然生草。草类可以选留马唐、虎尾草、斑种草、虱子草、狗尾巴草、蒲公英等^[4]。

4. 2 茶园覆盖

覆盖具有减少杂草生长、防止土壤流失、吸附扬尘、保蓄土壤水分、调控土壤温度、改良土壤理化性状、优化生态环境、提高茶叶产量、改善茶叶品质、减轻冬季冻害等多种作用，对环境友好。可用于覆盖的生物质材料主要有：各类林木、秸秆、糠壳或穗芯、野草以及粮食加工副料等，如花生壳、稻壳、棉籽壳、大麦壳、玉米穗芯、杂草、木片(屑)等。

覆盖物要提前腐熟，至性质稳定后再行铺设。对长度小于 10 cm 的当季干生物质材料，若无肉眼可见病虫害，可直接覆盖；对长度大于 10 cm 的当季干物料，先行粉碎(片状、条状、块状等，要求粒径 1—10cm，其中以 2—5 cm 为佳)，覆盖厚度 8—12 cm，甚至 15—20 cm。施入未腐熟的生物质材料，宜与根颈保持 5~8 cm 间距。土壤中如有蛴螬、地老虎、蝼蛄、金针虫等害虫的发生和危害，宜喷布白僵菌或昆虫病原线虫进行生物防控。连续实施覆盖的茶园，每 4~5 年旋翻 1 次，再行覆盖^[5]。试验证明，铺草比不铺草，茶园土壤含水量提高

7%~9%，且上下水分变幅小，冬季土温增高 0.5~2.5 ℃，夏季土温降低 0.4~2.2 ℃^[1]。

4. 3 搭建遮阳防晒避炙网

搭建遮阳避炙系统，可显著改善夏季茶园的水热条件，能够避免连续高温干旱天气对茶树造成的热害和旱害，降低土壤温度，提高土壤含水率，幼苗期避免太阳直射炙烤死苗。遮阳时间为 4—10 月。遮阳防炙烤方式有竹条小拱棚遮阴和抹茶遮阴 2 种^[6]。遮阳避炙系统的支撑骨架，可重复利用、效果稳定可靠，近年来得到了一定程度的应用。用遮阳网透光率 30%~70%为宜。

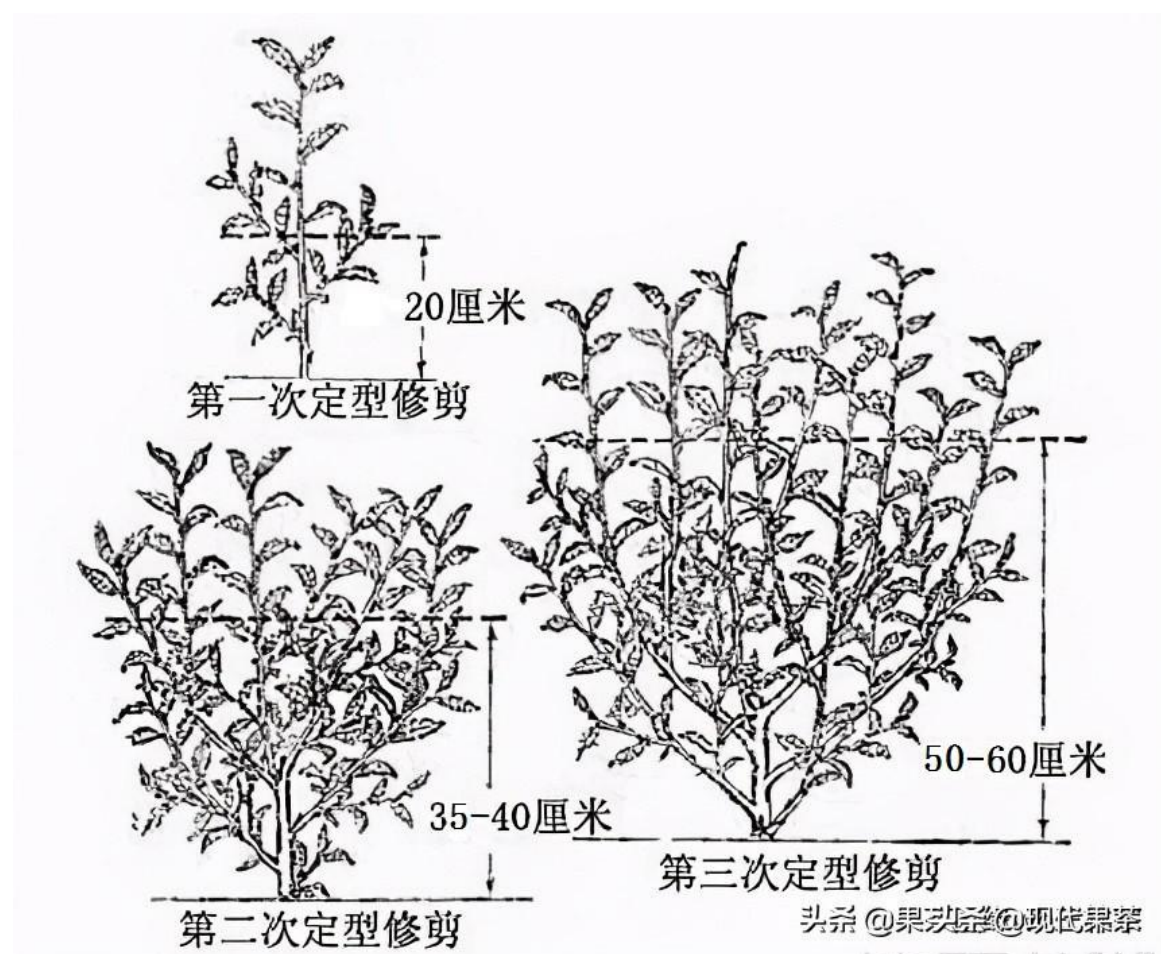
竹条小拱棚遮阳。无性茶苗定植后的 7~15 d 内完成搭建，越早越好。竹片长度 2 m，弯成弓形作为支撑拱架。沿茶行每隔 1.5—2.0 m 插 1 个竹片弓条，两端入土深度约 20 cm，每行弓条的宽度、高度一致。用绳子联结住每个弓条最顶部，拉紧后牢牢地系在位于每行两头的地锚上。拱棚跨度 70 cm 左右、高度约 50cm，竹片基部以跨过小行栽植茶苗为准。把宽度适宜的遮阳网完全覆盖在竹条小拱架的上方，沿行收拢遮阳网的一端并用绳子固定在地锚上，沿纵向再拉紧遮阳网的另一端，固定在对应的地锚上。最后，沿种植行横着向两侧拉紧遮阳网，用土堆等固定遮阳网基部。

抹茶遮阳。有条件的平地、缓坡地茶园，旱季可用遮阳网，以离地 1.8~2 m 搭架，遮阳网高出茶树蓬面 50~60 cm 为宜，方便茶园管理和采摘。遮阳后不会影响茶氨酸的合成，但在一定程度上能够抑制茶氨酸的分解，会在茶芽和叶片中累积更多的茶氨酸和较少的茶多酚，味道就会更为鲜爽而不苦涩。

4. 4 合理栽植密度和定形高度

无论是单行或双行排列的密植茶园，都需要提高成龄茶蓬高度至 70—80 cm 为宜，以合理群体结构，形成覆盖度较大的蓬面。可以采取大小行(双行单株、双行双株、双行单株与双株交替)或单行方式栽植，每穴可栽植单株也可栽植双株，通常采用双行单株栽植模式。大小行栽植的，大行距 1.6~1.8 m、小行距 30~45 cm、株距 25~45 cm；单行栽植行距 1.5~1.8 m、株距 25~40 cm^[2]。

幼年茶树分 3 次完成定形修剪。前两年当茶树生长高度达 30 cm、有 1—2 个分枝时，剪除离地 20cm 左右高度以上主干，进行第一次定形修剪。第 2、3 年内，分 2 次完成定剪，定剪高度均在上次剪口的基础上提高 15~20 cm。



茶树分 3 次完成定形修剪示意图

5 . 建好滴喷设施，精准补足肥水

茶园灌溉主要有流灌、浇灌、渗灌、管灌、喷灌(脉冲喷灌)、微喷灌、滴灌等多种方式，提倡采用水肥一体化设施进行精准化补水补肥，节省劳力、提高工效，同如滴灌可以大幅度提升节水节肥效果。

①**喷灌**。喷灌比流灌节水 30%~50%。北方茶区有条件的茶园，也可以同时安装喷灌+滴灌双系统。②**滴灌**。与喷灌相比，滴灌水利用效率提升到 90%以上，节水率达 30%~67%^[7]，滴灌能使浇灌区域水分分布相对平均，水的利用率高达 80%~90%，沼液滴灌的利用率达 60%~85%。滴灌的精准施肥优点突出，在平地或缓坡茶园上可广泛应用，是北方茶园中首选的一种灌溉方式。③**渗灌**。又称地下灌溉，分为有暗管灌溉和潜水灌溉两种。前者灌溉水借设在地下管道的管壁孔流出渗入土壤，向根系送水。后者通过抬高地下水位，使地下水由毛管作用上升到作物根系层。渗灌可与肥液结合，故又称为管道施肥灌溉系统，不破坏土壤结构，不占用耕地，便于管理，但表土湿润不足。渗灌比喷灌节水 50%~70%。④**管灌**。是利用低压管道来代替水渠的一种灌溉方式，又称无间节软管微浇技术。软塑料管道半周面上均匀分布有不同方向把水喷向空中的设备，能制造人工雾层，提高茶园湿度。该设备可与小型移动式水泵配套，也可与高压自流灌溉条件的茶园配套，实现浇灌，具有投资少、可移动、节省人工等特点。目前，在北方茶园中应用的较少。

茶园每次灌水以不产生地表径流和深层渗漏，能够满足茶树需水要求即可。灌溉过程中，监测土壤的含水量，适度节水。灌溉最好在早晨或傍晚(上午 10 时前和下午 16 时后)进行，不宜在中午进行。据试验，成龄茶园喷灌每 666.7 m² 每次耗水量为 20~30 m³，流灌为 50 m³，滴灌为 10~15 m³。一般来说，每年 7~8 月茶树的需水量约占全年需水量的 30%，土壤相对含水量达到 90%效果较好^[6]。未来茶园种植管理应该兼顾节约成本，融合信息化、自动化等先进科技，比

如茶园灌溉管理中,通过和窄带物联网技术进行有机结合,实现节水灌溉综合化、系统化、智能化和精准化,实现茶园的高效管理^[7,8]。

6 . 其他技术措施

6. 1 合理采摘

习惯春茶采完修剪的茶区,应推迟到“雨季”前进行,避免剪后就进入旱季,加速旱害发生程度。干旱期间茶叶采摘应坚持勤采、分批采、适时采的原则,实行采一芽一叶、一芽二叶或采一芽三叶初展的采摘方法,既有利于抗旱又有利于提高后期茶叶的质量、产量和效益 [9] 。

6. 2 合理耕作

在干旱季节,特别是连续高温干旱 10 d 后且水浇条件不足的地域,应避免进行深耕除草、修剪等作业,以减少对茶树的根系和树体的创伤。

6. 3 病虫害防治

高温干旱容易发生虫害,对小绿叶蝉、茶尺蠖、象甲、茶毛虫,可选用三氟氯氰菊酯 2 000~3 000 倍液喷雾防治,或喷布苦参碱及印楝素等农药防治;对螨类选用克螨特 1 500~2 000 倍液喷雾防治。选用高效低残留农药,注意用药量。

6. 4 灾后补救

根据枝条枯死情况,有针对性采取深修剪、重修剪甚至台刈等技术措施,一般应剪到枯死部位以下 1~2 cm 处;发生轻度或中度旱害的,可不修剪,多留枝养蓬以复壮树冠。当茶树恢复生长,新芽萌发至 1~2 叶后,成龄茶园每 666. 7 m² 追施 10~20 kg 复合肥,幼龄茶园追施 5~10 kg。适当增施钾、钙、锰和硼肥,但在茶树长势恢复正常之前,不宜过多地施用肥料。

干旱年份应特别注意在越冬前让茶树有更多营养贮藏在枝干内，必要时应采取设置拱棚、地面覆盖生物质等措施，提高茶树安全越冬能力，避免发生较大冻害。

参考文献：

- [1] 孙世利，骆耀平. 茶树抗旱性研究进展[J]. 浙江农业科学，2006(1)：89—91.
- [2] 徐发荣，王兆顺，等. 北方无性系茶苗建园关键技术[J]. 中国茶叶，2020(10)：46—51.
- [3] 刘声传，陈亮. 茶树耐旱机理及抗旱节水研究进展[J]. 茶叶科学，2014，34(2)：111—121.
- [4] 王林军，李玉胜，王兆顺，等. 北方茶园生草栽培关键技术[J]. 中国茶叶，2019(5)：52—54.
- [5] 王林军，王梓清，李玉胜，等. 北方茶园生物质覆盖关键技术[J]. 中国茶叶，2019(11)：42—45.
- [6] 李翠英. 夏秋两季茶园抗旱防热技术[J]. 农化市场十日讯 2017(16)：44—45.
- [7] 陈妍曦，孙彬妹，刘少群，等. 茶园不同灌溉方式的综合效果分析[J]. 茶叶学报，2020，61(2)：79—83.
- [8] 杨清霖，杨向德，石元值，等. 茶园滴灌与水肥一体化技术研究[J]. 茶叶学报，2019，60(1)：32—37.
- [9] 汪云刚，漠丽萍，李建军，等. 干旱季节茶树防旱抗旱技术措施[J]. 云南农业科技，2019(5)：29.

***通讯作者：**王林军（1966.12—），男，山东荣成人，高级农艺师，从事果树、茶叶等技术与推广工作。 E-mail: guocy@163.com

第一作者：高原（1964 —），女，山东省济南人， 推广研究员，从事农业技术与推广工作，邮箱 gyuanjn@163.com

基金项目：济南市长清寿茶科创团队项目；山东省现代农业产业技术体系茶叶产业创新团队威海综合试验站专项资金(SDAIT — 19—10)；青岛市青岛民生计划项目(19—6—1—64 — NSH)。

文章来源：《落叶果树》2021 年第 6 期,53(6):64—68 Deciduous Fruits “技术开发” 专栏（出版日期：2021 年 11 月 10 日）