

植物类药材品质形成影响因素研究进展

安子萌 孙楠 张子龙
北京中医药大学 中药学院, 北京 102488

摘要: 植物类药材是中医药临床疗效的重要构成部分,但目前尚缺乏植物类药材品质影响因素的完整研究体系使其品质形成更加规范可控。该文通过对近年来中药材品质形成相关的研究进展进行综述分析,梳理了植物类药材品质形成的过程及影响因素。从气候条件、人工措施、土壤环境及遗传因素四个方面,即“天、人、地、种”四个维度阐述归纳了对植物类药材品质有关键性影响的因素。探索构建了“植物类药材品质形成的四边形理论”,并展望了该理论在植物类药材品质调控中的应用。该理论使中药材品质形成影响因素相关研究更具系统性和实用性,对于进一步揭示植物类药材品质形成机制,指导植物类药材品质调控和安全监管具有重要的理论意义和实践价值。

关键词: 植物类药材;品质形成;四边形理论

中药材品质与中医临床疗效有着紧密联系,全面了解复杂多样的中药材品质影响因素是把控中药材品质的基础。张伯礼院士提出,地方政府应该集中开展优良种质培育,进行中药材全产业链监管,全面促进中药材品质的提高^[1]。而只有从多角度控制中药材品质,才能获得质量优良稳定的中药材^[2]。中药材大多为植物类药材,但目前控制植物类药材品质的一系列措施多为通过研究单一因素对单味药的影响而得出,尚未形成植物类药材品质影响因素的系统性理论。基于此,本研究对以往的植物类药材品质形成影响因素研究进行全面地综述与学习,提出影响以期促进植物类药材品质影响因素的研究体系更具系统性、实用性。

1 中药材品质的内涵

中药材品质的概念目前并没有统一的阐释。武孔云^[3]等学者提出,中药材的品质包括内在质量和外观性状两个方面。但笔者认为,在实际应用中,临床疗效作为中药材的应用属性综合反映了其内在质量和外观品质。因此,本研究提出中药材品质由外观品质、化学品质和使用品质三个方面共同组成。具体而言,外观品质是依据“以形辨性”的理论初步判别药材的真伪优劣;化学品质是对中药材内在成分的相关指标进行评价,包括药理成分含量、污染物种类及含量等;使用品质则是指中药材作为药品对疾病控制和治疗的能力。综上所述,中药材品质是指从药材性状规范程度、化学成分含量多少以及临床疗效显著性三个角度综合评价中药材的一指项标。

2 植物类药材品质的形成过程

植物类药材占中药材的80%以上,其品质形成经历种质资源筛选、产地环境、栽培措施、采收加工、市场流通五个过程。野生中药材和栽培中药材的品质往往存在一定差异,这与两者品质形成过程不同有关,以栽培中药材品质形成过程为例,具体如图1所示。

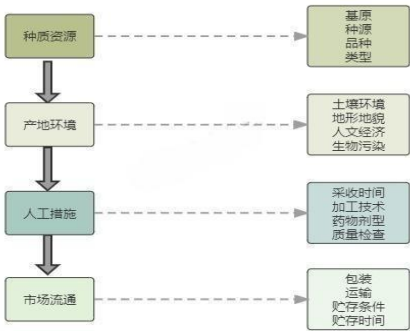


图1 栽培中药材品质形成过程

栽培中药材为保证市场基本供应往往具备人工栽培环节,并在一定程度上对种质资源

和产地环境方面削减了药材生长的逆境胁迫,因此此次生代谢产物种类和含量往往逊于野生中药材。采收加工、市场流通过程则对野生中药材和栽培中药材品质形成差异的贡献度较低。

仿野生栽培是在中药材原生境中人为或自然增加种群数量,并能继续保持群落平衡的种植模式^[4]。野生药用植物种质资源经过原生生长环境的自然筛选而得以保留,同时,较低人工干预程度使得药用植物受逆境胁迫影响大,次生代谢产物含量显著增加,因此野生药材通常具有性状突出、药效成分含量高、疗效佳的特点。

3 影响植物类药材品质形成因素

影响植物类药材品质形成的因素种类繁杂,为便于后续理论研究和实践应用,笔者遵循中医整体观的理念将其分为“天、人、地、种”四大类,分别对应气候条件、人工措施、土壤环境和遗传因素。

3.1 气候条件

气候条件对植物类药材品质的影响主要表现在光照、温度、水分和空气^[5]等方面,其主要影响药用植物的生态型,使同一物种在形态、生理、生化上呈不同表现形式,间接影响植物类中药材品质。

光照主要通过强度、时间及光质影响植物类药材品质^[6]。不同植物对光照的强度及时间需求不同,且在不同光照条件下,同一植株的次生代谢过程也会发生变化。因此,植物类中药材的生长发育及次生代谢产物的积累需具备适宜范围的光照条件。

温度对植物类药材品质的影响较为复杂,除直接影响植物的生长发育,还会引起湿度、土壤水分等其他生态因子的变化。不同温度影响植物类中药材中不同物质的合成^[7]。在相同水分含量条件下,温度通过改变酶活性影响植物类中药材中有效成分的含量^[8]。总体而言,温度可以通过调节生长物质的合成和药效成分的产生影响植物类中药材的化学品质。

水分通过参与植物的初生和次生代谢过程影响中药材的产量、性状及活性成分含量。水分缺失形成的干旱胁迫能够促进药用植物次生代谢产物的增加^[9],但低水处理也会使植物类中药材有机物的积累量低于消耗量^[10]。因此,水分对植物类药材品质的影响是多方面的。

空气因素对植物类药材品质的影响相比于其他气候因素较弱,主要源于空气中氧气、二氧化碳、二氧化硫、二氧化氮、总悬浮颗粒等因素的影响。氧气浓度与药用植物的呼吸作用密切相关,二氧化碳^[11-12]通过影响光合作用改变药材外观、有效成分含量。其他空气因素则通过改变空气质量影响药用植物的性状、生长及活性成分的累积。

3.2 人工措施

人工措施贯穿于植物类药材从种植到临床的整个过程,与市场供需及社会经济息息相关。鉴于其复杂性,本研究将从栽培、采收、加工、流通四个过程总结阐述。

栽培对植物类药材品质的影响包括栽培模式、药肥施用、灌溉措施等。栽培模式主要影响植物类中药材对阳光的利用率以及生物之间的相互作用从而影响植物类中药材品质。化肥农药可减少药用植物所受逆境胁迫,但不合理使用则导致污染物超标。因此需要通过合理应用栽培技术保证品质和产量,但同时也需要严格控制污染。

采收措施对中药材品质形成的影响主要取决于采收部位^[13]以及采收时间。具体而言,不同季节、时段植物类中药材对环境的适应机制都在随外界环境的变化而变化^[14]。对于多年生植物类药材而言^[15-17],药效成分含量与性状一般情况下随生长年限越久越好。因此,采收需要选择适宜的时间范围和部位。

加工措施在炮制以及制剂两方面发挥影响。炮制时间、温度、方式等都会对中药材有效成分产生作用^[18]。此外,同一个药方制成不同剂型后,其功效、生物利用度、稳定性等变化都影响中药材药效的发挥^[19]。总体而言,炮制和制剂可促进植物类中药材外观、成分及药效品质的形成和规范,使其更加符合临床需求。

流通中的储存、运输、人为掺假环节是影响植物类药材品质的主要原因。存储温度、湿度、时间对中药材有效成分均有影响^[20]。长时间的储存和运输可能导致中药材的外观变形、色泽变化,出现虫蛀、霉变、变色等变质情况,甚至产生毒害物质^[21]。因此,流通过程中规范监管也是影响植物类中药材品质的重要方面。

3.3 土壤环境

土壤是药用植物生长的直接环境,主要从土壤特性、生物因素、地形、地貌四方面^{[22][6]}对植物类药材的品质产生影响。土壤环境的改变影响植物类药材对水分和营养物质的吸收、分布、代谢,进而影响其性状形成和有机物的合成。

土壤特性以土壤酸碱度、有机质以及重金属的影响为主。土壤酸碱度会影响土壤养分的状态及有效性^[23],同时土壤有机质和元素组成可通过改善土壤的理化性质调控药用植物对营养成分的吸收及其生长。此外,重金属使中药材吸收后受到污染,导致品质下降。土壤作为植物类中药材的生长环境对植物类中药材品质直接产生影响。

生物因素较为复杂,包含微生物群落、植株种群、病原生物等。微生物群落影响植物类中药材化学识别

和化感作用,动态调节植物类中药材的营养生长及药效成分含量^[24]。种群因素包括密度效应和自毒效应,自毒物质还会加剧土传病害发生,病原生物侵染药用植物有时会造成根茎腐烂,但有时也可诱导更多次生代谢产物产生。总的来说,生物因素对植物类中药材品质的作用是动态和综合的。

生境的地形、地貌中对植物类药材品质发挥影响的主要包含海拔高度、坡度和坡向等维度。药用植物在不同地形地貌下呈现出的环境适应能力不同,其中海拔的变化还会对药用植物的生长环境中的温度、光照、土壤条件和空气等其他生态因子产生影响。总体而言,地貌是通过引起气候、土壤等因素的改变,间接影响药材的品质。

3.4 遗传因素

植物类药材品质形成四边理论所讨论的遗传因素主要包括中药材的基原^[25]、品种^[26]、类型^[27]和种源^[28]四个方面,对植物类药材品质的影响最终可以追溯为遗传物质对中药材品质的影响。

不同基原植物的生长习性、抗逆性、适应性有所差异^[25]。因此,不同基原药材的有效成分种类和含量、外观形态、气味和口感等方面都存在一定程度的差异,并直接影响它们的临床功效。

植物类药材品种对品质形成的影响主要通过人工干预培育出一定特质植株的过程^[29]。品种选育可以一定程度上满足人们对中药材品质的把控和预测,但栽培品种遗传的一致性也会降低药用植物的抵御能力,并减少种质资源的丰富度^[30]。因此,品种改变对中药材品质的影响具有短期优化但长期衰减的特点。

中药材类型的差异来源于物种种内对不同环境生态条件的长期适应与自然选择。遗传因素、环境因素的差异导致变异类型形态差异、化学成分等方面同原植株相比发生变化。但由于变异类型具有概率低、遗传不稳定、品质不佳等特点,一般情况下对植物类药材品质整体影响较小。

种源差异主要指同一种药用植物种子来源地的不同。不同地区的种子由于其经度、纬度、年均温、温度年度范围等不同而呈现不同的特质^[31],即由于不同来源的种子与环境的相互作用不同,在相似逆境胁迫下次生代谢产物含量不同,进而引起植物类药材药

效成分种类和含量的差异。种源对植物类药材的化学品质、使用品质产生影响主要来自抗逆能力的差异。

4 植物类药材品质调控进展

4.1 气候条件对植物类药材品质的调控

利用气候条件对植物类药材品质加以控制已成为热点的研究领域之一^[32-33]。唐丽^[34]等人通过设置不同光照、温度、湿度、营养水平等生长条件对铁皮石斛的叶绿素含量、生物量、生长状况、营养成分含量进行调控实验,发现不同的气候因素及其组合可对上述因变量产生特定作用,以此实现植物类中药材优质培育。也有学者^[35-37]通过调节温度、水分等因素对植物类中药材中次生代谢产物的含量进行有目的地控制,使其化学和使用品质更符合临床需要。此外,根据气候的差异和植物类中药材的适应性划分种植区也是调控中药材品质的重要手段之一。中药材在不同的气候条件下呈现出的生长特点不同,这些特点对植物类中药材的化学成分含量、外观性状均有着深远的影响。

4.2 人工措施对植物类药材品质的调控

人工措施可从植物类药材品质形成的各个环节发挥调控作用。通过改变生长调节剂的施用方式,可显著促进植物类中药材生长和有效成分产生^[38]。炮制是重要的通过人工措施调控中药材品质的手段,对于中药材何首乌而言,通过不同加工炮制手段可改变其临床使用时的药效主治,例如清蒸使其补益、抗氧化作用增强,黑豆汁制促进发挥保护肝脏作用,而发酵制可有效降低何首乌毒性和胃肠反应并提高降脂作用。此外,在中药材流通环节中可以通过第三方仓储、养护、监测机构,建立数字化中药材溯源体系等途径使中药材品质的安全性、真实性和有效性在可控范围内。总体而言,人工措施对植物类中药材品质的调控是直接且高效的。

4.3 土壤环境对植物类药材品质的调控

土壤因素在植物类药材品质调控中发挥重要作用。有学者^[39]通过植物修复技术降低了药用植物重金属吸收量,降低污染物含量,显著提升药材品质。氮肥是改变植物类中药材土壤环境常用的一类肥药,不同植物类中药材发挥主要药效的化学物质种类不同,而施用氮肥可使含氮次生代谢产物含量增加,非含氮

产物含量减少^[40]，因此，可通过合理调节氮肥在不同植物类中药材种植中的施用量实现对中药材化学品质的调控。另外，通过升高种植地海拔使珠芽蓼种群密度增大，药材综合品质显著提高，以此实现其种植的优质高产^[41]。总之，通过土壤条件对植物类药材品质进行调控可为中药材选择适宜的土壤环境，从而确保其品质的优良。

4.4 遗传因素对植物类药材品质的调控

遗传因素是中药材品质形成的起点。利用不同种源植物在同一生境下生长发育和药效成分含量的差异可为其选择不同的种植地域和功能定位^[42-43]，以调控植物类药材品质。王旭星^[44]研究发现，通过选择不同基原的重楼入组方可更合理地发挥其使用品质，具体表现为云南重楼中以抗肿瘤为主的重楼皂苷含量更多，而七叶一枝花中止血成分更多。此外，新品种选育通过改变源头物质材料基因从根本上对植物类中药材品质进行调控^[45]。因此，通过遗传调控手段，可以提高植物类药材内在品质、外观品质，进一步影响其使用品质。

5 小结与展望

基于对前人研究成果的梳理与综述，本研究已较为全面综述了影响植物类中药材品质形成的因素，且详细地阐释了每种关键性因素对植物类中药材品质的影响及其机制，总结近年来通过各项因素调控植物类药材品质的实例，并在前人的研究基础上将各因素归纳构建为“植物类药材品质形成的四边形理论”，如图2所示，该理论既可以为之后的相关研究提供理论支撑，还可以在实际种植和应用中，作为参考和合理指导，对植物类中药材整个生长过程进行干预调控，使高质量的中药材更好地应用于临床诊疗，服务于患者。此外，该理论具有较高的潜在价值，能为之之后相关的研究抛砖引玉，在该理论的基础上更加综合、全面地研究影响植物类中药材品质的因素，为进一步把控植物类中药材的品质奠定基础。

图2 植物类药材品质形成的四边形理论

应该认识到，植物类药材品质形成影响因素研究进展仍存在一定局限性。一方面，该理论目前主要适用于植物类中药材，较少讨论动物类和矿物类中药材品质的控制；另一方面，气候条件、人工措施、土壤环境、种质资源等因素对植物类药材品质产生的影响

是综合性的，未来仍需要进一步开展研究，建立复合型植物类药材品质形成影响因素体系，科学全面地提升植物类药材品质。

参考文献：

- [1]陈佳,程显隆,李明华,等. 中药材及饮片质量等级标准研究思路和方法[J/OL]. 中国现代中药, <https://dio.org/10.13313/j.issn.1673-4890.20230106002>.
- [2]屠鹏飞,姜勇,何轶,等. 中药材和饮片质量控制与质量标准体系的构建[J]. 中国食品药品监管, 2022, (10): 34-45
- [3]武孔云,孙超. 中药材品质及提高中药材品质的途径[J]. 中草药, 2010, 41(7): 1210-1215.
- [4]赵江怡,孙志蓉,张子龙. 我国中药材种植模式研究进展[J]. 中国现代中药, 2021, 23(2): 372-380.
- [5]李晓艳,杨福多. 沙棘生长气候条件分析与其种植培育技术要点[J]. 农业灾害研究, 2022, 12(12): 75-77.
- [6]王庆,杨云成,李丹丹,等. 生态因子对中药材品质影响的研究进展[J]. 特产研究, 2022, 44(2): 127-131.
- [7]侯娅,马阳,邹立思,等. 生态因子对药用植物次生代谢物的影响及其研究方法[J]. 时珍国医国药, 2015, 26(1): 187-190.
- [8]常丽. 温度和土壤水分对银杏叶类黄酮合成的影响[D]. 南京:南京林业大学, 2013.
- [9]屠玲艳. 水分胁迫对三叶青生理及主要次生代谢产物的影响[D]. 杭州:浙江农林大学, 2019.
- [10]解玉玲. 不同土壤水分对药用兰科植物白及生理和形态结构的影响[J]. 农家参谋, 2020, 645(3): 108.
- [11]杨敏慎,刘晓雨,郭辉. 气候变暖和CO₂浓度升高对农作物的影响[J]. 江苏农业学报, 2021, 37(1): 246-258.
- [12]银玲,彭月,刘荣,等. 产地生态环境要素与中药品质相关性研究[J]. 中药与临床, 2012, 3(6): 9-14.
- [13]李化,黄璐琦,杨滨. 论植物物候学指导中药材采收期的研究[J]. 中国药学杂志, 2008, 43(19): 1441-1444.
- [14]潘丽珠,王跃进,王有为. 板桥党参最佳采收期的研究[J]. 武汉植物学研究, 2006, 24(1): 67-70.

- [15]钱大玮,鞠建明,朱玲英,等.不同树龄银杏叶在不同季节中总黄酮和总内酯的含量变化[J].中草药,2002,33(11):68-70.
- [16]张重义,李萍,王丰青,等.不同树龄忍冬的生长与药材质量关系研究[J].中草药,2004,35(2):81-83.
- [17]严辉,段金廛.我国药材采收现状的分析与探讨[J].中国现代中药,2009,11(8):11-16.
- [18]仇红梅.中药材炮制对中药活性成分功效及毒性作用的影响研究[J].中国药物与临床,2021,21(19):3325-3326.
- [19]曹越,姚完美,刘昕,等.探讨泻心汤类方群及其复方制剂剂型研究[J/OL].辽宁中医药大学学报,https://kns.cnki.net/kcms/detail//21.1543
- [20]程遥,冯欣,毕玥琳,等.不同储存条件对苦杏仁临方捣碎有效成分的影响[J].中医杂志,2023,64(2):167-173.
- [21]刘碧珍.也谈中药材的科学储存与养护[J].中国药业,2007,197(10):24.
- [22]柳小兰,张清海,林绍霞,等.土壤化学特性对中药材品质影响的研究进展[J].贵州科学,2013,31(5):55-60.
- [23]INDERIJT. Soil microorganisms: An important determinant of allelopathic activity[J]. Plant and Soil, 2005, 274(1/2): 227-236
- [24]陈玲,董坤,杨智仙,等.连作障碍中化感自毒效应及间作缓解机理[J].中国农学通报,2017,33(8):91-98.
- [25]江振作,王跃飞.基于“药材基原-物质基础-质量标志物-质控方法”层级递进的中药质量标准模式研究[J].中草药,2016,47(23):4127-4133.
- [26]孟祥才,郭慧敏,丛薇.中药材栽培生产存在的问题与发展策略[J].中药材,2017,40(4):992-996.
- [27]陈士林.地道药材与生态型的相关性[J].中草药,1988,19(8):40-41.
- [28]朱昀昊,张梦佳,李璐,等.夏枯草的转录组测序与次生代谢产物生物合成相关基因的挖掘[J].中草药,2019,50(5):1220-1226.
- [29]杨成民,魏建和,隋春,等.我国中药材新品种选育进展与建议[J].中国现代中药,2013,15(9):727-737.
- [30]黄林芳,付娟,陈士林.中药材生态变异的学术探讨[J].中草药,2012,43(7):1249-1258.
- [31]刘哲.不同种源蒙古莪利用价值评价及差异性分析[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2022.
- [32]夏权.气候生态条件对甘肃省3种特色中药材种植的影响[J].南方农业,2022,16(15):189-191.
- [33]臧亚男,顾正位,冯帅,等.生态因子与中药品质相关性研究进展[J].山东中医杂志,2022,41(10):1137-1141.
- [34]唐丽,王朝勇,龙华,等.环境因子对铁皮石斛生长发育及药效成分含量的影响[J].中药材,2019,42(2):251-255.
- [35]徐友.温度和光强对银杏生长和次生代谢产物合成的影响[D].南京:南京林业大学,2016.
- [36]屠玲艳.水分胁迫对三叶青生理及主要次生代谢产物的影响[D].杭州:浙江大学,2019.
- [37]韦德群.水分胁迫下太子参的响应机制研究[D].贵阳:贵州中医药大学,2019.
- [38]张丽霞.植物生长调节剂在中药材中的残留检测及对麦冬、三七质量的影响研究[D].北京:北京协和医学院,2020.
- [39]董祥伟.蜈蚣草-作物间作模式修复土壤砷的效果研究[D].武汉:华中农业大学,2020.
- [40]葛阳,康传志,万修福,等.生产中氮肥施用及其对中药材产量和质量的影响[J].中国中药杂志,2021,46(8):1883-1892.
- [41]张开弦,陈翠莎,任艳,等.野生珠芽蓼群落生物学特性与药材品质对海拔和坡向的响应[J].中国药学杂志,2022,57(3):181-191.
- [42]刘克彪,郭春秀,张元恺,等.不同种源黑果枸杞物候期和生长差异及其与地理-气候因子的相关性分析[J].植物资源与环境学报,2019,28(4):41-48.
- [43]岳媛,周红,徐云倩,等.不同等级及产地黑果枸杞原花青素含量比较[J].时珍国医国药,2019,30(10):2489-2490.
- [44]王旭星,贾天颖,杨成金,等.重楼2种基原植物不同部位中9个皂苷含量比较[J].中国现代中药,2022,24(11):2132-2140.
- [45]张成才,方超,覃明,等.中药材新品种选育现状与DUS测试指南研制进展[J/OL].中国中药杂志,2013,48(11):2896-2903