

## 商洛山地林药复合生态系统小气候效应研究

王凤娟<sup>1,2</sup>, 秦绍龙<sup>1,2</sup>, 张鸿雁<sup>3</sup>, 刘娜<sup>3</sup>

(1. 商洛学院, 陕西商洛 726000; 2. 资源植物利用与健康产品研究科技创新团队, 陕西商洛 726000; 3. 商洛市气象局, 陕西商洛 726000)

**摘要** [目的]探究山地林药复合生态系统小气候效应。[方法]以商洛核桃和道地中药材丹参、桔梗、黄芩组成的林药复合系统为研究对象,设置不同栽种模式(CK:大田单作;W5×3:行株距5 m×3 m的林药复合系统;W3×3:行株距3 m×3 m的林药复合系统),在丹参、桔梗和黄芩的苗期、花期和生长减缓期对不同复合系统的光合有效辐射强度(PAR)、大气温度(T)、大气相对湿度(RH)、风速(WS)和大气CO<sub>2</sub>浓度(C<sub>a</sub>)进行系统观测和比较分析。[结果]与CK相比,复合系统可减少PAR 11.3%~42.1%,降低T 1.22~2.11℃,降低WS 40.0%~54.7%,降低C<sub>a</sub> 15.90~21.04 μmol/mol,提高RH 4.09~7.11个百分点。[结论]林药复合系统改变了相对单一的种植结构,改善了农田小气候效应。

**关键词** 核桃;丹参;桔梗;黄芩;复合系统;小气候

中图分类号 S718 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)20-0086-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.20.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Study on Microclimate Effect of Forest Medicine Compound Ecosystem in Shangluo Mountain Area

WANG Feng-juan<sup>1,2</sup>, QIN Shao-long<sup>1,2</sup>, ZHANG Hong-yan<sup>3</sup> et al (1. Shangluo University, Shangluo, Shaanxi 726000; 2. Resource Plant Utilization and Health Product Research Technology Innovation Team, Shangluo, Shaanxi 726000; 3. Shangluo Meteorological Bureau, Shangluo, Shaanxi 726000)

**Abstract** [Objective] To study the microclimate effect of mountain forest medicine complex ecosystem. [Method] The economic seedlings *Juglans regia* and economic crops *Salvia miltiorrhiza*, *Platycodon grandiflorum*, *Scutellaria baicalensis* compound system as the research object, set up different cultivation mode, through the seedling stage, flowering stage and growth slowing period of *Salvia miltiorrhiza*, *Platycodon grandiflorum* and *Scutellaria baicalensis*, the photosynthetic effective radiation intensity (PAR), atmospheric temperature (T), relative humidity (RH), wind speed (WS) and atmospheric CO<sub>2</sub> concentration (C<sub>a</sub>) were measured determination, comparison and analysis. [Result] Compared with CK, the composite system can reduce PAR by 1.3%~42.1%, T 1.22~2.11℃, WS 40.0%~54.7% and C<sub>a</sub> 15.90~21.04 μmol/mol, increase RH by 4.09~7.11 percentage points. [Conclusion] The forest medicine complex system has changed the original relatively single planting structure and improved the farmland microclimate effect.

**Key words** *Juglans regia*; *Salvia miltiorrhiza*; *Platycodon grandiflorum*; *Scutellaria baicalensis*; Compound system; Microclimate

气候是影响农林生物生长发育的主要生态环境因素,特别是小气候效应,是生物生存的环境基础,直接影响生物的生长发育进程。在农林(药)复合系统中,由于树木与其下作物、中药材的生物学特性不同,其生长发育所需环境也不相同,特别是树木会改变原来的环境并产生新的小气候效应,进而对树下植物的生长发育产生影响<sup>[1]</sup>。光照是植物生长的基础能源,也是植物生长发育必不可少的因子<sup>[2-3]</sup>,它不仅直接影响植物的生理过程,也间接调控着局部的温度、湿度、风速及CO<sub>2</sub>浓度等,进而影响植物的生产。在林药复合系统中,经济苗木位于上层,中药材位于下层,上层的树木会遮挡光照,减少树下的光照强度和照射时间,阻碍下层作物受光,影响其生长发育,同时又可遮风挡雨,调节局部小气候。因此,研究商洛山地农林(药)复合系统的小气候效应,对于科学合理构建不同模式的林农、林药复合系统,提高地方农民收入具有重要的现实意义。

## 1 材料与方法

**1.1 试验设计** 试验样地设在陕西省商洛市洛南县景村镇育林村,不同林农、林药复合系统面积达5.5 hm<sup>2</sup>。笔者选取

由核桃和丹参、桔梗、黄芩组成的林药复合系统为研究对象,不同复合系统中核桃树的生长差异明显(表1)。试验田中核桃株行距为5 m×3 m和3 m×3 m 2种植模式,分别为W5×3、W3×3,树下两侧距离植株各50 cm分别种植丹参、桔梗和黄芩,行株距分别为15 cm×30 cm、20 cm×30 cm和10 cm×20 cm。

**1.2 指标测定** 在丹参、桔梗和黄芩的苗期、开花期和生长减缓期,利用Li-6400和Kestrel-4500监测大田(CK)和不同复合系统的小气候,监测指标主要包括光合有效辐射强度(PAR)、大气温度(T)、大气相对湿度(RH)、风速(WS)和大气CO<sub>2</sub>浓度(C<sub>a</sub>)<sup>[2-3]</sup>。

**1.3 数据分析** 试验数据和图表采用Microsoft Excel 2007进行处理,方差分析及其他统计分析均采用SPSS 18.0进行处理。

## 2 结果与分析

**2.1 不同生长期林药复合系统内光合有效辐射(PAR)的变化** 在中药材的苗期、花期和生长减缓期,各系统的PAR从单作(CK)、间作系统中W5×3模式到W3×3模式逐渐减弱(图1)。与CK相似,W5×3模式的PAR日变化趋势为“单峰型”,最大值出现在13:00。整个生长季各模式PAR的平均值表现为CK[1 228.5 μmol/(m<sup>2</sup>·s)]>W5×3[1 089.9 μmol/(m<sup>2</sup>·s)]>W3×3[711.0 μmol/(m<sup>2</sup>·s)],与CK相比,W5×3和W3×3模式的PAR分别降低了11.3%和

**基金项目** 商洛市气候适应型城市重点实验室开放研究基金项目(SL-SYS2019023);陕西省科技计划项目“商洛立体农业系统优化设计与调控增益技术研究”(2014KJXX-79)。

**作者简介** 王凤娟(1981—),女,陕西杨凌人,助理实验师,从事林学和农林经济管理领域的实验管理及研究工作。

**收稿日期** 2021-11-10

42.1%。这表明树木种植密度和生长状况对树下 PAR 及其分布有明显影响。

表 1 试验区不同林药复合系统中核桃的生长特征

Table 1 Growth characteristics of *Juglans regias* in different forest drug composite systems in the experimental area

种植模式 Planting mode	丹参间作 <i>Salvia miltiorrhiza</i> intercropping				桔梗间作 <i>Platycodon grandiflorum</i> intercropping				黄芩间作 <i>Scutellaria baicalensis</i> intercropping			
	树高 Tree height m	胸径 DBH cm	冠深 Crown depth m	冠幅半径 Crown radius m	树高 Tree height m	胸径 DBH cm	冠深 Crown depth m	冠幅半径 Crown radius m	树高 Tree height m	胸径 DBH cm	冠深 Crown depth m	冠幅半径 Crown radius m
W3×3	2.9	5.4	1.9	1.2	3.3	5.5	2.6	1.4	3.1	5.6	2.1	1.3
W5×3	3.1	5.7	2.2	1.4	3.6	6.1	2.9	1.7	3.4	6.2	2.5	1.6

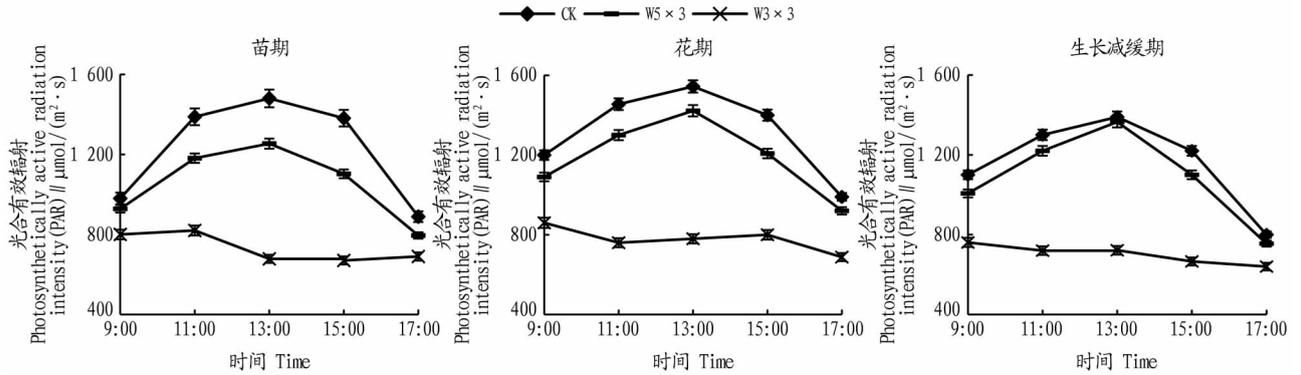


图 1 不同生长期各复合模式光合有效辐射强度 (PAR) 的变化

Fig.1 Changes of PAR in different growth periods of each composite mode

2.2 不同生长期林药复合系统内大气温度 ( $T$ ) 的变化 从图 2 可见,各模式  $T$  的变化情况与 PAR 相似,即不同模式的  $T$  日变化情况均表现为“单峰型”曲线,但 CK 的  $T$  高于复合模式。整个生长季各模式平均  $T$  表现为 CK (32.36 °C) > W5×3 (31.14 °C) > W3×3 (30.25 °C)。与 CK 相比, W5×3 和 W3×3 模式的  $T$  分别降低了 1.22 和 2.11 °C,方差分析显示结果显著 ( $P < 0.05$ )。可见,复合模式可有效降低气温。

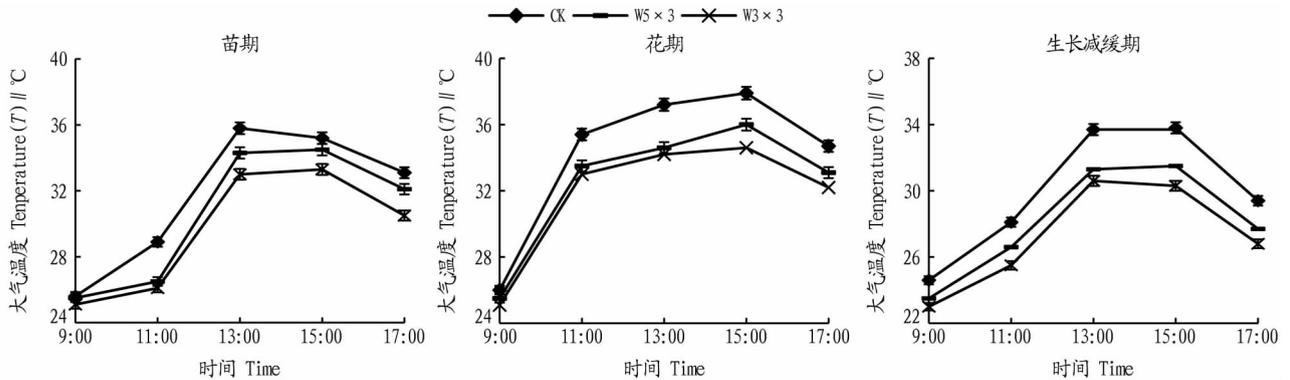


图 2 不同生长期各复合模式大气温度 ( $T$ ) 的变化

Fig.2 Changes of temperature ( $T$ ) in different growth periods of each composite mode

2.3 不同生长期林药复合系统内大气相对湿度 (RH) 的变化 从图 3 可见,除苗期 W3×3 复合模式 RH 日变化表现不规则外,整个生长期其他种植模式的 RH 日变化趋势均表现为“V”型,最低值均发生在 15:00。整个生长季不同模式 RH 的变化表现为 W3×3 (54.47%) > W5×3 (51.45%) > CK (47.36%)。W5×3 和 W3×3 模式 RH 比 CK 提高了 4.09 和 7.11 百分点。方差分析结果表明,各模式间差异显著 ( $P < 0.05$ )。可见,复合系统可以增加 RH。

2.4 不同生长期林药复合系统内风速 (WS) 的变化 从图 4 可见,从苗期到生长减缓期复合系统内的 WS 均低于 CK。

W3×3 模式的 WS 低于 W5×3 模式,整个生长季不同模式 WS 大小表现为 CK (0.95 m/s) > W5×3 (0.57 m/s) > W3×3 (0.43 m/s)。W5×3 和 W3×3 模式 WS 与 CK 相比降低了 40.0% 和 54.7%。可见,复合系统可以显著降低 WS,有效缓解风害。

2.5 不同生长期林药复合系统内大气 CO<sub>2</sub> 浓度 (C<sub>a</sub>) 的变化 由图 5 可知,各生长期不同模式下 C<sub>a</sub> 日变化均表现为“V”型,且 CK 的 C<sub>a</sub> 大于复合模式。整个生长期不同模式 C<sub>a</sub> 变化表现为 CK (382.7 μmol/mol) > W5×3 (366.8 μmol/mol) > W3×3 (361.66 μmol/mol)。与 CK 相比, W5×3 和 W3×3 模式 C<sub>a</sub> 分别减小了 15.90 和

21.04  $\mu\text{mol/mol}$ , 出现这种结果的原因可能和复合系统通风不利等有关。

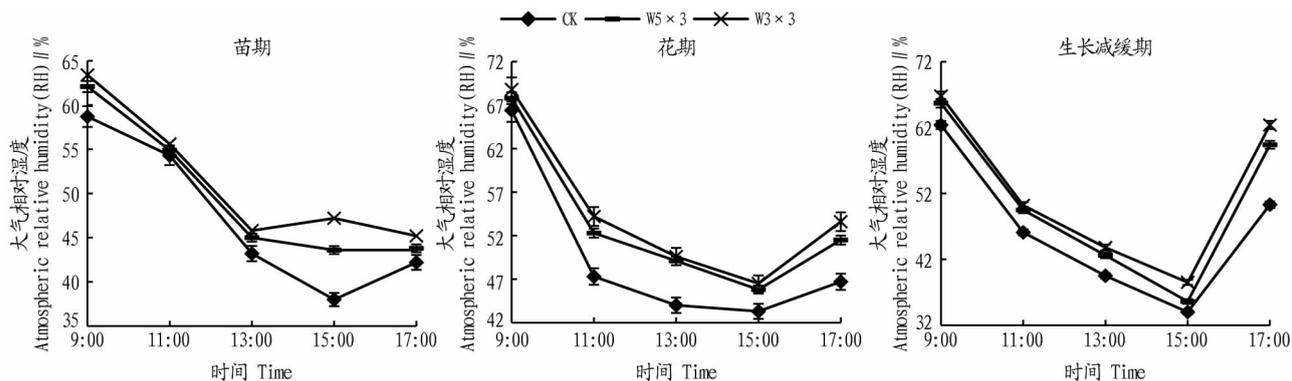


图3 不同生长期各复合模式大气相对湿度(RH)的变化

Fig.3 Changes of atmospheric relative humidity (RH) in different growth periods of each composite mode

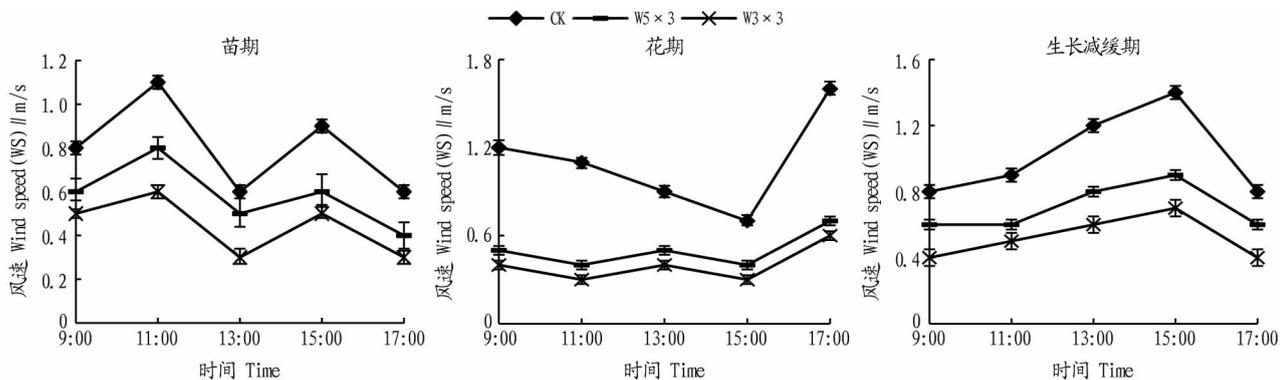


图4 不同生长期各复合模式风速(WS)的变化

Fig.4 Changes of wind speed(WS) in different growth periods of each composite mode

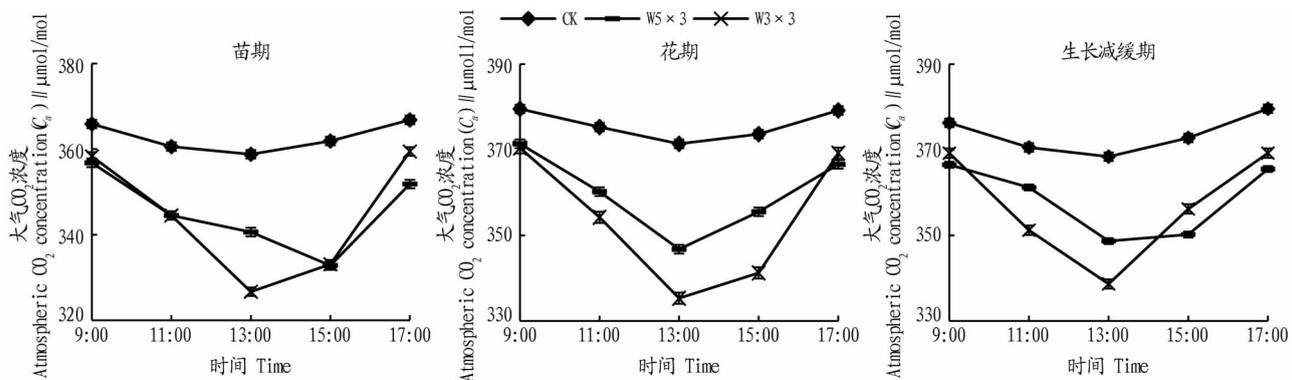


图5 不同生长期各复合模式大气CO<sub>2</sub>浓度(C<sub>a</sub>)的变化

Fig.5 Changes of atmospheric CO<sub>2</sub> concentration(C<sub>a</sub>) in different growth periods of each composite mode

### 3 讨论与结论

生态环境因子对植物的生长有重要的影响,农林(药)复合系统改变了套种植物原有的生长环境,特别是对光照强度及其分布的影响直接关系到作物的最终生产力。该研究中,因为不同模式核桃树生长状况的差异,各复合模式中不同果树对林下作物的遮阴范围不同。与单作模式相比,复合模式能降低光合有效辐射强度(PAR)11.3%~42.1%,对树下套种作物的生长发育产生影响,这对于喜阴作物(部分中药材)的生长是有利的<sup>[4-6]</sup>。大气温度(T)是影响植物生长发育的重要环境因子之一<sup>[7]</sup>,通常情况下较高的气温有利于植物进行光合作用,但是过高的温度会使植物细胞原生质的理化性质

发生改变<sup>[8]</sup>,破坏细胞器的原有结构,阻碍光合作用甚至致使其死亡<sup>[9]</sup>。该研究中林药复合系统与单作模式相比可降低 $T$  1.22~2.11  $^{\circ}\text{C}$ ,可以减缓中午高温对中药材生长发育的有害影响。此外,相对于单作模式,核桃-中药材复合模式可有效提升大气相对湿度(RH)4.09~7.11个百分点,降低风速(WS)40.0%~54.7%,降低大气CO<sub>2</sub>浓度(C<sub>a</sub>)15.90~21.04  $\mu\text{mol/mol}$ 。在较干旱的商洛山区,较高的大气湿度可以局部缓解气候干旱带来的不利影响<sup>[10]</sup>,有利于树下套种中药材生长发育,降低风速可以减轻风害造成的不利影响,这造就了秦岭“中药材之乡”的美誉<sup>[11]</sup>。

(下转第102页)

**6.3 构建销售与服务一体化的新型模式** 与新优植物和园艺资材的快速发展相比,售后服务发展相对滞后。消费者在开展家庭园艺活动时,难免会遇到植物病虫害、施肥、盆器更换、园艺设施维修等问题,便捷的售后服务就显得尤为重要。因此,构建销售与服务一体化的新型模式是家庭园艺产业今后的发展方向。在注重线下服务的同时,也可考虑建立线上交流平台,让更多的家庭园艺爱好者参与进来,分享心得,提供远程协助,为家庭园艺产业的健康可持续发展提供保障。

#### 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴 2020 [M].北京:中国统计出版社,2020.
- [2] 傅徽楠.城市特殊绿化空间研究的历史、现状与发展趋势[J].中国园林,2004,20(11):37-39.
- [3] 连梅,韩韵.家庭园艺迎合大众需求[J].中国花卉园艺,2013(9):19-20.
- [4] 李春华.城市家庭园艺模式分析[J].现代园艺,2017(12):127.
- [5] 简尼克,李世平.世界古代园艺史图说[J].农业考古,1989(2):262-269.
- [6] THEODOROU A,PANNO A,CARRUS G, et al.Stay home, stay safe, stay green: The role of gardening activities on mental health during the Covid-19 home confinement[J/OL].Urban forestry & urban greening,2021,61[2021-05-25].https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127091.
- [7] 崔剑英,王玉书.我国家庭园艺产业背景及现状[J].黑龙江农业科学,2020(7):116-118.
- [8] BULGARI R,PETRINI A,COCETTA G, et al.The impact of COVID-19 on horticulture: Critical issues and opportunities derived from an unexpected occurrence[J].Horticulturae,2021,7(6):1-17.
- [9] 周颖.我国城市家庭园艺模式研究[D].长沙:中南林业科技大学,2015.
- [10] 陈辉,任琚,杜忠.屋顶绿化的功能及国内外发展状况[J].环境科学与管理,2007,32(2):162-165.
- [11] 陈朝峰.阳台园艺种植模式的应用探索[J].现代园艺,2017(24):147-149.

- [12] 王燕艳.家庭园艺——离繁华尚有多远[J].中国花卉园艺,2010(3):8-13.
- [13] 蒲海萍.现代居室中室内园艺植物的分类及选择的原则[J].北方园艺,2012(24):106-107.
- [14] 叶宏斌.加快创新花卉生产经营模式满足城市家庭园艺消费需求[J].吉林农业,2019(6):78-79.
- [15] 王新悦.盆栽蔬菜、果树、香草成为家庭园艺市场新宠[J].中国花卉园艺,2010(3):21-23.
- [16] 连青龙.中国花卉产业的发展现状、趋势和战略[J].农业工程技术,2018,38(13):28-35.
- [17] 中研普华产业研究院.2016-2021年中国鲜切花行业深度分析及发展前景报告[R].深圳:中研普华产业研究院,2016.
- [18] 孙锦,高洪波,田婧,等.我国设施园艺发展现状与趋势[J].南京农业大学学报,2019,42(4):594-604.
- [19] 杨冠东,陈锋.花经济——中国花卉产业研究述评[J].经济与社会发展研究,2020(3):214.
- [20] 周伟伟.盆器肥料:做足“表面文章”[J].中国花卉园艺,2018(11):30-32.
- [21] 王新悦.拓展家庭园艺消费产品与渠道一个都不能少[J].中国花卉园艺,2015(23):15-18.
- [22] 徐筱妍,冯磊东,李阳巧,等.基于4P理论的家庭园艺新零售业态创新研究[J].产业与科技论坛,2020,19(9):15-16.
- [23] 万娉婷.我国家庭园艺行业的市场分析及其推广[J].中南财经政法大学研究生学报,2011(6):49-54.
- [24] 江胜德.2030 中国家庭园艺消费状况预测[J].中国花卉园艺,2020(1):38-43.
- [25] 程堂仁,王佳,张启翔.中国设施花卉产业形势分析与创新发展[J].农业工程技术,2018,38(13):21-27.
- [26] 马宁,鲍顺淑.家庭园艺发展现状[J].农业工程技术,2016,36(4):65-67.
- [27] 王瑞珍,温韦华,崔夏,等.北京野生花卉资源在园林绿化中的应用[J].花卉,2020(6):145-146.
- [28] 任飞.家庭园艺产业的文化形式[J].园林,2017(5):70-71.

(上接第 88 页)

农林(药)复合系统的立体布局改变了原来相对单一扁平的种植结构,新的立体结构产生新的小气候效应,光能、水分、养分等资源在生物间进行重新分配及二次平衡,形成了新的稳定平衡的生态系统,从而保障不同植物正常生长发育。

#### 参考文献

- [1] 张劲松,孟平,辛学兵,等.太行山低山丘陵区苹果生姜间作系统综合效应研究[J].林业科学,2001,37(2):74-78.
- [2] 孟平,张劲松,樊巍.中国复合农林业研究[M].北京:中国林业出版社,2003.
- [3] 贺庆棠.气象学[M].北京:中国林业出版社,1986.
- [4] 朱志国,周守标,程龙玲,等.光照强度对马蹄金保护酶活性和光合特性

- 的影响[J].中国草地学报,2012,34(5):87-92.
- [5] 彭晓邦,蔡靖,姜在民,等.光能竞争对农林复合生态系统生产力的影响[J].生态学报,2009,29(1):545-552.
- [6] 彭晓邦,蔡靖,姜在民,等.渭北黄土区农林复合系统光能竞争与生产力[J].应用生态学报,2008,19(11):2414-2419.
- [7] 董艳.设施葡萄需热量影响因素研究及膨大剂对其果实的影响[D].银川:宁夏大学,2016.
- [8] 郁家成,黄小燕,梁邦云,等.江淮地区气温日较差变化特征及其对作物生育影响的研究[C]//中国农学会农业气象分会,中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所.2007 农业环境科学峰会论文集摘要集.北京:中国农学会,2007:49-50.
- [9] 祝廷成,钟章成,李建东.植物生态学[M].北京:高等教育出版社,1992.
- [10] 张劲松,孟平.农林复合系统水分生态特征的模拟研究[J].生态学报,2004,24(6):1172-1177.
- [11] 罗开.秦岭林区林下中药材种植优势与发展对策[J].陕西林业科技,2012(2):73-75.