

顾礼力, 张力文, 刘杰, 等. 补碳对设施杨梅果实生长和品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(2): 130–132, 181.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.02.038

补碳对设施杨梅果实生长和品质的影响

顾礼力^{1,3}, 张力文², 刘杰¹, 杨再强³

(1. 江苏省连云港市气象局, 江苏连云港 222002; 2. 江苏省气象服务中心, 江苏南京 210008; 3. 南京信息工程大学, 江苏南京 210044)

摘要:以“丁岙”杨梅(*Myrica rubra* Sieb cv. ‘Dingao’)为试材, 于杨梅幼果期至成熟期控制设施大棚内 CO₂ 浓度在 1 000 μL/L 左右, 研究补碳对设施杨梅果实发育进程、相对发育速率及品质的影响。结果表明, 补碳可以加快设施杨梅果实的发育进程, 设施补碳杨梅的成熟期比设施不补碳提前 7 d; 设施补碳杨梅的果实相对发育速率加快, 成熟期时补碳杨梅果实的相对发育速率为不补碳的 1.12 倍; 设施补碳杨梅果实的平均直径比设施不补碳杨梅增大 10.5%、含酸量降低 11.5%、含糖量增加 13.1%。对设施杨梅进行碳肥补充, 可以促进杨梅果实的发育进程和果径的生长, 改善设施栽培带来的杨梅品质下降问题。

关键词:设施栽培; 杨梅; 补碳; 相对发育速率; 品质; 果径

中图分类号: S667.606 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)02-0130-03

杨梅(*Myrica rubra* Sieb)是中国著名的特产水果之一^[1]。近年来, 杨梅设施栽培因可避风、避雨^[2]、果实提前成熟、经济效益较好而得以迅速发展^[3]。然而, 设施环境相对封闭, 易致光照不足、CO₂ 匮乏, 进而产生光合效率降低、产量不高、品质下降等问题^[4], 设施杨梅生产亟待解决。CO₂ 是植物光合作用的物质基础, 对植物生理代谢、生长发育及品质形成具有重要作用。近年来, 利用 CO₂ 调节作物生长受到国内外学者的广泛关注^[5-9], 张富仓等认为, 增加作物生长环境中的 CO₂ 浓度会促进作物的光合速率增加, 延长作物的光合作用时间, 降低作物的光补偿点^[10-12]。王志强等研究表明, 设施内适当提高 CO₂ 浓度, 可使油桃日平均光合速率提高 25.9%, 光能利用率也显著增加, 在一定程度上弥补了光照不足对果实生长发育的影响, 改善了树体的有机营养水平^[13]。朱世东等测定高 CO₂ 浓度下生长的番茄果实品质发现, 与正常生长的番茄果实相比, 其果实中葡萄糖、果糖、维生素 C 含量分别增加 7.4%~19.0%、6.3%~14.4%、2.9%~10.5%, 可滴定酸降低 2.6%~5.5%^[14]。杨梅设施栽培于 1999 年取得成功^[15], 起步相对较晚, 有关设施杨梅补充 CO₂ 的气肥技术与效应研究鲜见报道。本试验通过人为控制设施杨梅环境中的 CO₂ 浓度, 以探讨补碳对设施杨梅果实生长发育及品质的影响, 为设施杨梅的高效发展提供重要参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2011 年 1—6 月在茶山镇丁岙村杨梅种植基地

(28°36′ N、120°38′ E)进行, 试验大棚为长 25 m、宽 8 m、高 6 m 的竹木结构塑料大棚, 地形为丘陵地, 海拔 68 m, 东南向呈 40°斜坡, 土质为沙壤土, 微酸性, 肥力中等。供试品种为丁岙杨梅, 树龄为 15~20 年。

1.2 试验设计

试验设置 3 个处理, 分别为设施补碳(CE)、设施不补碳(FC)、露地(NC)。设施补碳处理是在杨梅进入幼果期, 通过架设在大棚内距地面 3.0 m 高的塑料管道及管道上孔径 1 mm、孔距 2 cm 的小孔向试验棚内均匀施放 CO₂, 直到杨梅成熟, 控制杨梅大棚内 CO₂ 浓度为 1 000 μL/L 左右。每日补碳时间为 08:00—17:00, 阴雨天不补碳。

1.3 调查内容及方法

1.3.1 小气候数据 使用美国产 HOBO Watchdog 2000 型数据采集器, 分别采集太阳辐射、温度、湿度等大棚小气候数据; 采用校正过的美国产 Telaire-7001 型 CO₂ 分析仪测定 CO₂ 浓度。

1.3.2 杨梅果实数据 采用游标卡尺分别测量不同处理 4 个方位杨梅果实的纵径、横径, 取平均值; 分别采用折光仪法、比色法、中和滴定法、靛酚滴定法测定杨梅果实的可溶性固形物含量、含糖量、含酸量、维生素 C 含量^[16]。

1.3.3 相对发育速率 通过计算相对发育速率来表示不同处理杨梅果实的发育速度, 计算公式为:

$$R_{ij} = r_{sj} \times \frac{\sum_{j=1}^4 d_{sj}}{\sum_{j=1}^4 D_{ij}} \quad (1)$$

式中: R_{ij} 为相对发育速率; i 表示不同处理; j 表示果实的不同发育阶段; r_{sj} 为发育最快的处理各阶段发育所需天数占整个发育天数的比例; d_{sj} 为发育最快的处理在第 j 发育阶段所需天数; D_{ij} 为其他处理各阶段发育阶段所需天数。

2 结果与分析

2.1 不同处理间日总辐射与日均温差异

由图 1 可知, 不同处理间日总辐射变化趋势一致, 露地环

收稿日期: 2015-12-18

基金项目: 公益行业(气象)科研专项[编号: GYHY(QX)200906023]。

作者简介: 顾礼力(1987—), 男, 江苏兴化人, 硕士, 助理工程师, 从事设施农业作物生长发育模型及农业生物环境调控研究。Tel: (0518)85806750; E-mail: 632252929@qq.com。

通信作者: 张力文, 主要从事设施小气候研究。E-mail: 326532716

@qq.com。

境日总辐射值相对最高,设施补碳和设施不补碳杨梅之间日总辐射无明显差异,多云或者阴天时设施栽培日总辐射下降更为明显,这可能是由覆膜、支架遮挡所致;不同处理间日均温变化趋势基本一致,设施补碳和设施不补碳大棚之间的日均温差异不明显,但露地种植环境与设施种植环境相比,日均温呈现前期差异大后期差异相对较小的变化趋势,这是由于杨梅生育前期露地栽培气温低,设施大棚为保温往往揭膜通风时间短,而到生育后期,随着气温上升,为避免棚内温度过高,往往延长揭膜通风时间进行降温。

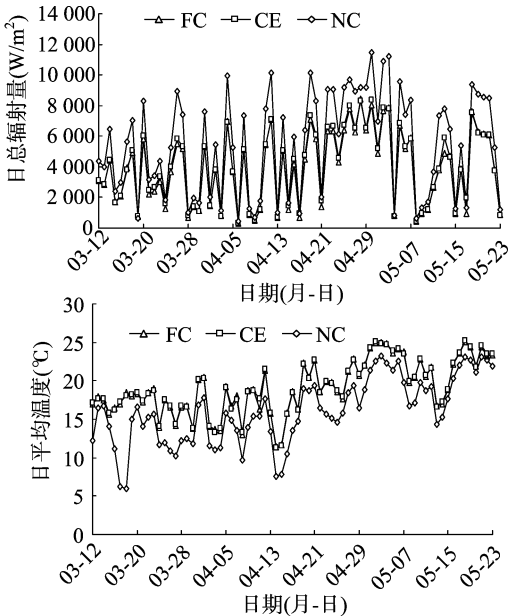


图1 不同栽培环境下日总辐射及日均温度

2.2 不同处理间 CO₂ 浓度差异

测定晴天气候条件下不同处理环境 CO₂ 浓度的日变化曲线,由图 2 可见,设施补碳环境下,CO₂ 浓度控制在 1 000 μ L/L 左右;设施不补碳生长环境下,CO₂ 浓度呈现夜间高、白天随辐射强度增强而下降的趋势,上午 9:00—10:00 达到最低,后又缓慢上升,这可能与大棚此时需给大棚揭膜通风降温有关;露地栽培生长环境下,CO₂ 浓度始终在 340 μ L/L 左右。

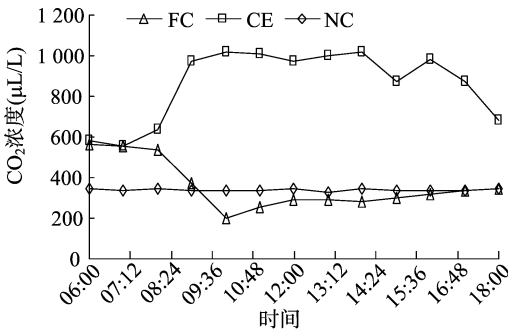


图2 不同栽培环境下CO₂浓度日变化

2.3 补碳对杨梅果实发育进程的影响

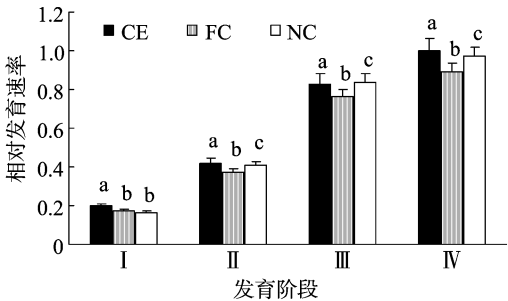
杨梅果实发育分为 5 个阶段,分别为幼果期、硬核期、膨大期、转色期、成熟期。由表 1、图 3 可见,进入幼果期前由于未进行补碳处理,除露地种植的杨梅在 4 月 1 日进入幼果期

外,设施栽培的杨梅进入幼果期日期无明显差异;设施补碳杨梅进入膨大期、转色期、成熟期的日期分别比设施不补碳杨梅提前 2、3、7 d,随补碳时间延长,补碳杨梅发育速率呈加速态势;设施补碳杨梅比露地种植杨梅提前 21 d 成熟;设施补碳、设施不补碳、露地栽培杨梅从幼果到成熟所需天数分别为 74、83、81 d;在相同发育阶段,补碳处理的杨梅果实发育速率相对最快;成熟阶段(第Ⅳ阶段),设施补碳、设施不补碳、露地杨梅的相对发育速率分别为 1.00、0.89、0.93,设施补碳杨梅果实的相对发育速率是设施不补碳杨梅的 1.12 倍;除果实初始发育阶段(第Ⅰ阶段)设施不补碳杨梅的相对发育速率稍大于露地杨梅外,其他各阶段相对发育速率大小依次为设施补碳>露地>设施不补碳,这可能是因为设施不补碳栽培未加快杨梅的发育进程,只是改变了杨梅生长的小气候环境,使各生育期较露地种植杨梅有所提前,且越到生育后期提前的幅度越小,而补碳杨梅加快了设施杨梅的发育进程,且越到后期提前的幅度越大。

表 1 不同栽培环境下杨梅的生育期

处理	生育期(月-日)				
	幼果期	硬核期	膨大期	转色期	成熟期
设施补碳	03-12	03-26	04-12	05-12	05-24
设施不补碳	03-11	03-25	04-14	05-15	06-01
露地	04-01	04-13	05-03	06-02	06-15

注:幼果期:雌花凋谢,50%雌花花柄上出现幼果;硬核期:50%果实纵径、横径大于 13 mm×11 mm;膨大期:补碳、不补碳、露地栽培 50%的杨梅果实纵径、横径分别大于 22 mm×20 mm、19 mm×17 mm、17 mm×15 mm;转色期:50%挂枝杨梅果实由浅红开始变为深红;成熟期:果实成熟,开始采收。



不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$)。下图同

图3 不同栽培条件下杨梅果实的相对发育速率

2.4 补碳对杨梅果实直径生长的影响

由图 4 可见,增施 CO₂ 气肥能够显著促进杨梅横径、纵径的生长;幼果期时大棚内补碳杨梅和不补碳杨梅的横径、纵径差异不显著,但坐果 20 d 时,补碳、不补碳、露地杨梅的果实横径、纵径分别为 1.44、1.76、1.29 cm 和 1.45、1.09、1.20 cm,相互间达到显著差异水平($P<0.05$);杨梅进入盛果期时,补碳、不补碳、露地杨梅果实的平均直径分别为 3.05、2.76、2.37 cm,设施补碳杨梅果实的平均直径比设施不补碳显著提高了 10.5%,比露地杨梅显著提高了 28.7%。

2.5 补碳对杨梅果实品质的影响

由表 2 可见,与设施不补碳杨梅相比,补碳杨梅果实维生素 C 含量、单果质量、含糖量、可溶性固形物含量分别增加 47.5%、17.8%、13.1%、16.9%,并通过 0.01 显著性检验;补

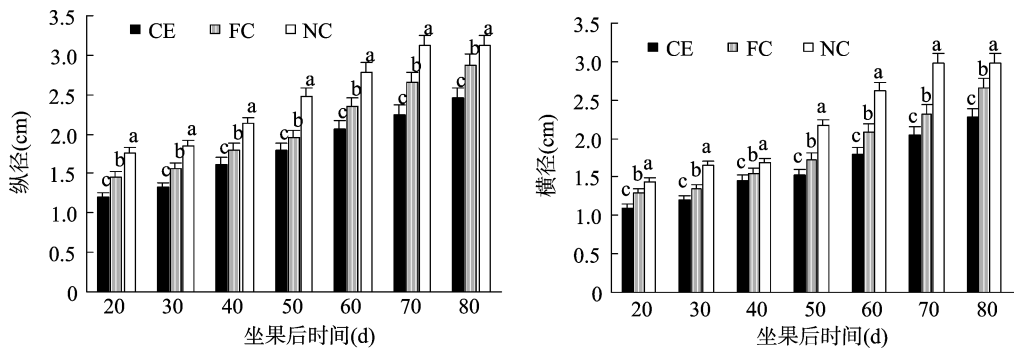


图4 不同栽培条件下杨梅果实的纵、横径对比

碳杨梅果实可食率有显著提升,比设施不补碳杨梅增加 5.8%,并通过 0.05 显著性检验;补碳杨梅果实可滴定酸含量有明显下降,比设施不补碳杨梅下降了 11.5%,并通过 0.05 显著性检验;补碳杨梅与露地杨梅相比,维生素 C 含量有极显著提升。

表 2 补碳对杨梅果实品质的影响

处理	可溶性固形物含量 (%)	含糖量 (%)	含酸量 (g/kg)	维生素 C 含量 (mg/kg)	单果质量 (g)	可食率 (%)
设施不补碳	8.96 ± 0.25	7.44 ± 0.21	1.16 ± 0.04	30.3 ± 0.9	18.86 ± 0.70	85.00 ± 4.10
设施补碳	10.48 ± 0.25 **	8.56 ± 0.25 **	1.04 ± 0.05 *	44.7 ± 0.7 **	22.22 ± 0.63 **	90.50 ± 4.10 *
露地	11.20 ± 0.27	9.20 ± 0.23	1.10 ± 0.03	38.5 ± 0.6	14.60 ± 0.63	81.50 ± 4.50

注:“*”表示通过 0.05 差异显著性检验;“**”表示通过 0.01 差异显著性检验。

3 结论与讨论

杨梅设施种植给传统杨梅产业带来新的发展,而设施杨梅环境调控成为杨梅产业高效发展的新课题。通过给设施杨梅增施 CO₂ 气肥表明,补碳可以促进杨梅果实的生长,加快发育进程使杨梅提前成熟,并提高杨梅品质,与黄艺等的研究结论^[17]相一致。有研究表明,植物对 CO₂ 浓度的变化具有光合适应现象,即处于短期空气中 CO₂ 浓度升高,植物的光合作用能力会有较大的提高,而处于长期空气中 CO₂ 浓度升高,植物的光合作用能力反而下降^[18]。目前,没有高浓度二氧化碳对杨梅叶片光合速率影响的报道,今后须进一步深入研究补碳对设施杨梅光合特性的影响及不同补碳时长下光合特性的变化规律。

补碳能提高设施杨梅的品质、缩小设施栽培杨梅在品质和口感上与露地杨梅的差距,这与侯新村等的研究结果^[19]相一致。王冬良等研究表明,CO₂ 浓度分别为 1 000、2 000、3 000 μL/L 时,西葫芦的产量分别较对照增加 32.18%、86.97%、84.3%^[20],可见施放 CO₂ 浓度不同,对产量的影响亦有不同。本研究依据经验判断控制设施环境 CO₂ 浓度在 1 000 μL/L 左右,对不同 CO₂ 浓度条件下的补碳效应未做研究,今后可开展相关研究。

参考文献:

[1] 陈志银,李三玉,叶明儿,等. 浙江省杨梅气候生态区划的研究[J]. 浙江农业大学学报,1993,19(2):139-144.
[2] 应新媛. 杨梅大棚设施栽培试验[J]. 林业科技开发,2003,17(4):44.
[3] 黄海静. 设施杨梅环境调控决策支持系统[D]. 南京:南京信息工程大学,2012:1-3.
[4] 张颖,王金春,薛庆林,等. CO₂ 施肥对光合作用及相关生理过

程的影响[J]. 中国农学通报,2006,22(2):212-215.
[5] Garcia R L,Long S P,Wall G W,et al. Photosynthesis and conductance of spring wheat leaves: field response to continuous free-air CO₂ enrichment[J]. Plant Cell Environment,1998,21(7):659-669.
[6] Moore B D,Cheng S H,Sims D,et al. The biochemical and molecular basis for photosynthetic acclimation to elevated atmospheric CO₂[J]. Plant Cell and Environment,1999,22:567-582.
[7] Kobayashi K,Lieffering M,Hanyong K,et al. Growth and yield of paddy rice under free-air CO₂ enrichment[J]. Collected Papers of Agricultural Meteorology,2001,42(1):371-395.
[8] Enoch H Z,Kimball B A. Carbon dioxide enrichment of greenhouse [M]//Influence of elevated CO₂ on crop yield. Boca Raton:CRC,1986.
[9] Bindi M,Fibbi L,Miglietta F. Free air CO₂ enrichment (FACE) of grapevine (Vitis vinifera L.): II. Growth and quality of grape and wine in response to elevated CO₂ concentrations [J]. European Journal of Agronomy,2001,14(2):145-155.
[10] 张富仓,康绍忠,马清林. 大气 CO₂ 浓度升高对棉花生理特性和生长的影响[J]. 应用基础与工程科学学报,1999,7(3):267-272.
[11] 王春乙,潘亚茹,白月明,等. CO₂ 浓度倍增对中国主要作物影响的试验研究[J]. 气象学报,1997,55(1):86-94.
[12] 林伟宏,白克智,匡廷云. 大气 CO₂ 增加对水稻光合、蒸腾及水分利用率的影响[J]. 生态农业研究,1996,4(2):40-43.
[13] 王志强,何方,牛良,等. CO₂ 施肥对大棚油桃光合作用及其产量品质的影响[J]. 果树学报,2001,18(2):75-79.
[14] 朱世东,徐文娟. 大棚樱桃番茄 CO₂ 加富的生理效应[J]. 安徽农业大学学报,2002,29(2):127-131.
[15] 黄建珍,张晓琼,赵友淦,等. 丁岙杨梅大棚设施栽培试验研究[J]. 中国南方果树,2001,30(3):33-37.
[16] 张君萍. 新疆若干杏品种果实主要营养成分的测定与分析评价

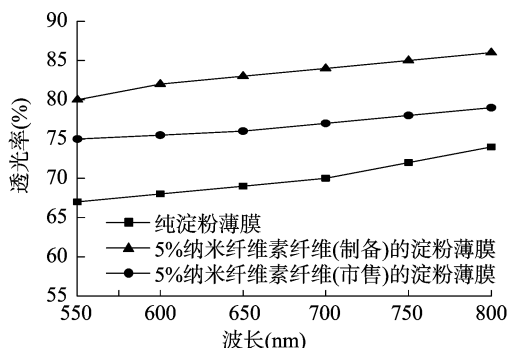


图7 纳米纤维素添加对马铃薯淀粉薄膜透明度的影响

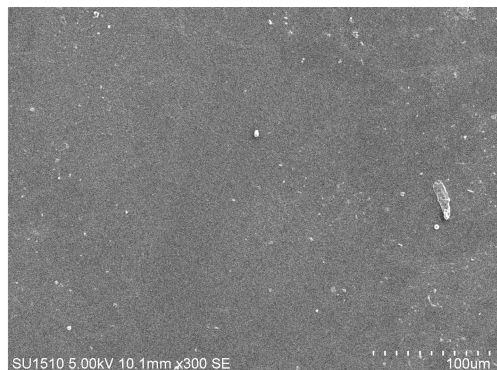


图8 5%纳米纤维素纤维(制备)马铃薯淀粉薄膜电镜扫描图示

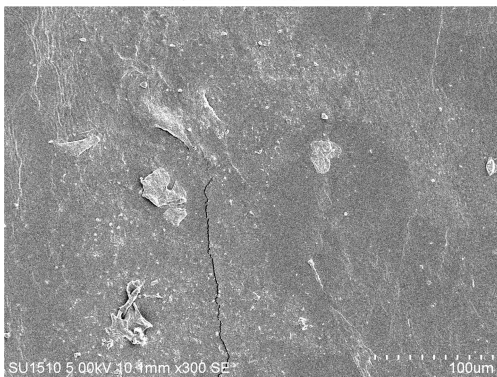


图9 7%纳米纤维素纤维(制备)马铃薯淀粉薄膜电镜扫描图示

3 讨论与结论

本试验研究了纳米纤维素纤维的制备和其对淀粉薄膜机械性能的影响。纳米纤维素纤维增强聚合物复合材料的制备和应用是现在研究的热点和重点,其独特的结构和优异的性能越来越受到大家的重视和利用。通过一系列的探究和试验,理论和试验结果相结合,可以得到以下结论:花生壳粉末通过碱解和漂白工艺可以去除大量的木质素和半纤维素得到

花生壳纤维素,再通过浓硫酸酸解花生壳纤维素制备纳米纤维素纤维,通过电子显微镜观察可以发现纳米纤维素纤维呈现棒状结构。

在马铃薯淀粉薄膜中添加适量的纳米纤维素纤维可以有效提高马铃薯淀粉薄膜的拉伸强度,当添加量为5%时,纳米纤维素纤维/马铃薯淀粉复合薄膜的表面平整,结构紧密,拉伸强度为纯马铃薯淀粉薄膜的2倍左右,降解性能与抗水性都能增强,但是断裂伸长率和透明度都有所降低。

农业废弃物中富含纤维素的废弃物如秸秆、花生壳等,可以作为纸浆原料和制作薄膜材料或者用于其他用途^[13]。近年来,微米纤维素、纳米纤维素逐渐成为纤维素研究热点。相信在不久的将来,花生壳将不再作为农作物废弃物进行丢弃、焚烧等不适当处理,而是能够形成综合循环反复利用的对环境友好的生物质材料^[14]。

参考文献:

- [1] 陈文帅,于海鹏,刘一星,等. 纳米纤维素机械法制备与应用基础[M]. 北京:科学出版社,2014:3-4.
- [2] 陈洪章. 生物质科学与工程[M]. 北京:化学工业出版社,2008:32-33.
- [3] 朱美芳. 纳米复合纤维材料[M]. 北京:科学出版社,2014:2-3.
- [4] 李伟,王锐,刘守新. 纳米纤维素的制备[J]. 化学进展,2010,22(10):2061-2070.
- [5] Flauzino N W P, Silverio H A, Dantas N O, et al. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue - soy hulls[J]. Industrial Crops and Products, 2013, 42: 480-488.
- [6] 尹晨. 玉米淀粉质包装膜的研制及其特性研究[D]. 长春:吉林农业大学,2012.
- [7] 林润惠. 包装材料测试技术[M]. 北京:中国轻工业出版社,2008:22-24.
- [8] 刘鹏飞,董海洲,侯汉学,等. 普鲁兰多糖对挤压流延法制备淀粉膜性能的影响[J]. 食品与发酵工业,2011,37(2):37-40.
- [9] 徐寅. 纳米纤维素晶须/壳聚糖可降解包装膜的制备与研究[D]. 杭州:浙江理工大学,2011.
- [10] Cao X, Chen Y, Chang P R, et al. Starch-based nanocomposites reinforced with flax cellulose nanocrystals[J]. Express Polymer Letters, 2008, 2(7):502-510.
- [11] 孙国峰,张振伟,王玲,等. 纳米TiO₂薄膜透光率及结构研究[J]. 山东化工,2004,33(5):1-3.
- [12] 刘潇,董海洲,侯汉学. 花生壳纳米纤维素的制备及其对淀粉膜性能的影响[J]. 中国粮油学报,2015,30(1):112-116.
- [13] 陈智远,石东伟,王恩学,等. 农业废弃物资源化利用技术的应用进展[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(12):112-116.
- [14] 孟围,王海英,刘志明. 超声时间对芦苇浆纳米纤维素得率和形貌的影响[J]. 江苏农业科学,2012,40(3):235-237.

(上接第132页)

- [D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2006:18-21.
- [17] 黄艺,何平. 大气CO₂浓度升高对莴苣生长和物质分配的影响[J]. 中南林业学院学报,2003,23(4):14-17.
- [18] Delucia E H, Sasek T W, Strain B R. Photosynthetic inhibition after long-term exposure to elevated levels of atmospheric carbon dioxide

[J]. Photosynthesis Research, 1985, 7(2):175-184.

- [19] 侯新村,李恒杰,高梅秀,等. CO₂施肥对设施桃树果实性状的影响[J]. 北方园艺,2007(9):82-84.
- [20] 王冬良,王洪礼,吕国华. 节能日光温室CO₂浓度对西葫芦生长及产量的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2000,4(2):122-127.