

网络出版时间:2013-03-27 15:49

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20130327.1549.017.html>

# 柠条发酵粉复配鸡粪基质对黄瓜光合指标和产量的影响

冯海萍<sup>1</sup>, 曲继松<sup>1</sup>, 张丽娟<sup>1</sup>, 杨冬艳<sup>1</sup>, 郭文忠<sup>2</sup>, 李 强<sup>3</sup>

(1 宁夏农林科学院 种质资源研究所, 宁夏 银川 750002; 2 国家农业智能装备工程技术研究中心, 北京 100097;

3 宁夏盐池县农业技术推广服务中心, 宁夏 盐池 751500)

**【摘要】** **【目的】**分析柠条发酵粉复配鸡粪作为栽培基质对黄瓜生长发育的影响, 探讨柠条粉作为栽培基质的可行性。**【方法】**采用随机区组设计, 将柠条发酵粉与鸡粪按不同体积比设 5 个处理(1: 40% 鸡粪+30% 柠条发酵粉+30% 珍珠岩; 2: 30% 鸡粪+40% 柠条发酵粉+30% 珍珠岩; 3: 20% 鸡粪+50% 柠条发酵粉+30% 珍珠岩; 4: 10% 鸡粪+60% 柠条发酵粉+30% 珍珠岩; 5: 草炭: 珍珠岩=2: 1), 其中处理 5 为 CK, 研究柠条发酵粉复配基质物理性状及其对黄瓜盛果期功能叶叶绿素、光合参数、叶绿素荧光参数和产量的影响。**【结果】**柠条发酵粉中添加 20% 或 30% 鸡粪基质的干体积质量、总孔隙度、通气孔隙、持水孔隙与 CK 基质接近, 大小孔隙比优于 CK; 与 CK 相比, 这 2 个处理能提高黄瓜叶片的叶绿素含量、光合效率、功能叶片电子传递能力和 PSII 潜在活性及光能转化效率, 这 2 种基质栽培黄瓜的长度、直径、单果质量及产量等也表现良好。**【结论】**柠条发酵粉中添加 20% 或 30% 鸡粪在栽培黄瓜时为最适基质配比, 柠条发酵粉具有作为栽培基质的潜能, 可作为西北干旱地区设施无土栽培基质进行开发和利用。

**【关键词】** 柠条粉; 鸡粪; 栽培基质; 黄瓜; 光合速率; 叶绿素荧光

**【中图分类号】** S642.226.5

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2013)04-0119-06

## Effects of caragana-straw ferment powder mixed with chicken dung on photosynthetic indexes and yields of cucumber

FENG Hai-ping<sup>1</sup>, QU Ji-song<sup>1</sup>, ZHANG Li-juan<sup>1</sup>, YANG Dong-yan<sup>1</sup>,  
GUO Wen-zhong<sup>2</sup>, LI Qiang<sup>3</sup>

(1 Institute of Germplasm Resources, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Science, Yinchuan, Ningxia 750002, China; 2 National Engineering Research Center for Agricultural Intelligent Equipment Technology in Agriculture, Beijing 100097, China; 3 Extension Center of Yanchi Agricultural Technology, Yanchi, Ningxia 751500, China)

**Abstract:** **【Objective】** Effects of caragana-straw ferment powder mixed with chicken dung on growth and development of cucumber and the feasibility of caragana-straw as cultural substrate were studied. **【Method】** Five treatments were randomly designed with different ratios of caragana-straw ferment powder to chicken dung (treatments one: 40% chicken manure+30% caragana-straw fermentation+30% perlite, treatment two: 30% chicken manure+40% caragana-straw fermentation+30% perlite, treatment three: 20% chicken manure+50% caragana-straw fermentation+30% perlite, treatment four: 10% chicken manure+60% caragana-straw fermentation+30% perlite, and treatment five as control: peat: perlite=

**【收稿日期】** 2012-08-12

**【基金项目】** 国家星火计划重大项目(2011GA880001); 宁夏重大科技攻关计划项目(2011ZDN0401); 宁夏“十二五”成果转化项目

**【作者简介】** 冯海萍(1981—), 女, 宁夏盐池人, 助理研究员, 硕士, 主要从事设施蔬菜栽培生理与无土栽培研究。

E-mail: fenghaiping2005@163.com

**【通信作者】** 郭文忠(1970—), 男, 宁夏中卫人, 研究员, 博士, 主要从事设施蔬菜栽培生理和设施园艺工程技术研究。

E-mail: guowzh70@163.com

2 : 1)。Influences on physical and chemical properties, functional leaves chlorophyll content and photosynthetic parameters of cucumber in full fruit stage, parameters of chlorophyll fluorescence induction dynamics and other indicators and output were studied. 【Result】 Dry densities, total porosities, air-filled porosities and water holding porosities of treatments with 20% or 30% chicken dung in caragana-straw substrate were close to those of CK while air-water ratios were better. The two treatment also benefited to raise the cucumber leaves of chlorophyll contents, net photosynthesis rates, electron transferring, potential activities of PS II, efficiencies of light energy conversion, total fruit lengths, diameters of fruit, fruit numbers, fruit weights and outputs. 【Conclusion】 The best substrate for living and growing of cucumber is compound of caragana-straw ferment powder with 20% or 30% chicken dung. Caragana-straw is a potential cultural substrate to be used in northwest arid regions.

**Key words:** caragana-straw; chicken dung; substrate; cucumber; photosynthesis rate; chlorophyll fluorescence

柠条(*Caragana korshinskii*)是蝶形花科锦鸡儿属多年生灌木,是主要分布于我国西北干旱半干旱地区的一种乡土灌木树种,由于其根系发达,适应性、耐旱性强,现已成为水土保持和防风固沙的优良树种及治理水土流失和退化沙化草场的先锋植物<sup>[1-2]</sup>。柠条每隔 2~3 年就要平茬一次,以促进枝条在来年迅速恢复生长,并可以防止冬季冻害发生。柠条营养成分丰富,用其沤制的绿肥可使蔬菜增产 13%~20%<sup>[3-5]</sup>。据统计,全国柠条面积在 134 万  $\text{hm}^2$  以上,每年需要平茬的达 34 万  $\text{hm}^2$  以上,宁夏现有柠条林面积 45 万  $\text{hm}^2$ ,且全区每年新增柠条 8 万  $\text{hm}^2$ ,可以开发利用的达 14 万  $\text{hm}^2$  以上<sup>[6]</sup>。但目前对柠条资源的应用仅限于动物饲料的开发方面<sup>[7-9]</sup>,但柠条草粉适口性差,消化率和利用率都不高<sup>[10]</sup>,而将柠条作为栽培基质的应用研究才刚刚起步<sup>[11-13]</sup>。为此,本研究以西北内陆地区贮量极为丰富的柠条作为栽培基质,以柠条发酵粉复配鸡粪进行黄瓜栽培,通过测定基质性状及黄瓜的生长发育指标,讨论将柠条粉作为栽培基质的可行性,以期为柠条资源后续产业的开发提供理论基础。

## 1 研究区概况与方法

### 1.1 研究区概况

研究区盐池县位于宁夏回族自治区东部、毛乌素沙漠南缘,地处陕、甘、宁、蒙四省(区)交界地带,境内地势南高北低,平均海拔为 1 600 m,常年干旱少雨,风大沙多,属典型的温带大陆性季风气候。地处宁夏中部干旱带,年平均降水量 280 mm,年蒸发量 2 100 mm,年平均气温 7.7  $^{\circ}\text{C}$ ,年均日照时数 2 872.5 h,太阳辐射总量  $5.928\ 5\times 10^9\ \text{J}/\text{m}^2$ ,虽然气候干旱少雨,风大沙多,但光照时间长,昼夜温差

大,光热资源充足,十分有利于作物光合作用和干物质积累,完全满足喜温瓜菜对光热条件的需求,是发展设施特色作物的优势区域。

### 1.2 试验设计

试验采用随机区组设计<sup>[14]</sup>,共设 5 个处理,分别为:(1)40%鸡粪+30%柠条发酵粉+30%珍珠岩;(2)30%鸡粪+40%柠条发酵粉+30%珍珠岩;(3)20%鸡粪+50%柠条发酵粉+30%珍珠岩;(4)10%鸡粪+60%柠条发酵粉+30%珍珠岩;(5)草炭:珍珠岩=2:1;其中处理 5 为 CK,以上均为体积比,各处理设 3 次重复。试验所用柠条发酵粉,是在平茬后将柠条枝条粉碎至 2~3 mm,然后在每  $\text{m}^3$  原料中加入尿素 3 kg,保持相对含水量在 60%~65%,并配合专用锯末发酵助剂高温发酵 3 个月。鸡粪为烘干消毒鸡粪,购自宁夏中卫丰盛生物有机肥公司;使用前将烘干消毒鸡粪加水使含量控制在 40%~50%,用塑料布包裹,高温密闭发酵 15 d 备用。

试验于 2010-03-04—07-02 在宁夏盐池县花马池镇城西滩村设施农业科技核心示范园区内进行,设施结构是 NKWS-II 型日光温室,供试黄瓜品种“好运”购自上海惠和种业有限公司。不同处理栽培期间田间管理统一,其中黄瓜定植后每天每株滴灌 0.3~0.5 L 水;结果期每天每株滴灌 0.8~1.5 L 水;追肥从定植后 20 d 开始,每 5 d 随水追施全营养液肥 120~144  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ,直到黄瓜拉秧前 15 d 停止追肥。4 月初进入采收期,平均 2 d 采收一次并测产,直至拉秧。

### 1.3 测定项目及方法

取自然风干的各处理复配基质加满体积为 112  $\text{cm}^3$  取土环刀(环刀质量  $W_0$ ),称质量( $W_1$ );水中浸

泡 24 h 后,称质量(W2);环刀水分自由沥干后再称质量(W3)。按以下公式计算各基质理化性状指标<sup>[15]</sup>:干体积质量=(W1-W0)/112;总孔隙度=(W2-W1)/112×100%;通气孔隙=(W2-W3)/112×100%;持水孔隙=总孔隙度-通气孔隙;大小孔隙比=通气孔隙/持水孔隙。

于黄瓜盛果期(05-01-05-31),每处理选取叶片肥厚、叶色浓绿、叶面积大的 10 片壮龄叶,在晴天上 09:00 进行叶绿素含量、光合速率及荧光的测定,共测定 3 次,每次 3 个重复。其中,叶绿素采用便携式 SPAD-502 叶绿素仪测定,光合速率(Pn)采用 LI-6400 便携式光合仪测定,叶绿素荧光参数(Fo、Fm、Fv)采用植物效率仪测定(叶片暗适应时间为 25 min),计算 Fv/Fo、Fv/Fm。

记录黄瓜采收期内收获总瓜条数和质量,测定单瓜质量,用卷尺测量瓜条长度,游标卡尺测量瓜条直径。产量测定自结瓜开始,每 2~3 d 采收一次,

并称质量计产量,至拉秧结束。

数据处理均采用 2003 Excel 和 3.01 dps 统计软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 柠条发酵粉复配鸡粪基质的物理性状

由表 1 可以看出,柠条粉基质与鸡粪混合后,随着鸡粪混合比例的增加,基质干体积质量不断增加,通气孔隙不断减少,而持水孔隙则呈先增大后减小的趋势,总孔隙度在通气孔隙与持水孔隙的综合影响下变化不明显,大小孔隙比呈明显下降趋势,其中以处理 2 和处理 3 的干体积质量、总孔隙度、通气孔隙、持水孔隙与 CK 相近,据蒋卫杰等<sup>[16]</sup>提出的大小孔隙比以 1:2~1:4 为宜的标准,处理 2 和处理 3 优于 CK,以上结果表明,处理 2 和处理 3 基质的基本物理性能与 CK 相似。

表 1 5 种柠条发酵粉复配鸡粪基质的物理性状

Table 1 Physical properties of different caragana-straw mixtures with chicken dung

| 处理<br>Treatment | 干体积质量/(g·cm <sup>-3</sup> )<br>Dry bulk density | 总孔隙度/%<br>Total porosity | 通气孔隙/%<br>Aeration porosity | 持水孔隙/%<br>Water holding porosity | 大小孔隙比<br>Air-water ratio |
|-----------------|-------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| 1               | 0.307±0.012                                     | 64.27±2.23               | 11.80±1.15                  | 52.47±2.93                       | 0.22±0.02                |
| 2               | 0.280±0.012                                     | 73.30±2.02               | 19.79±1.34                  | 53.51±2.51                       | 0.37±0.03                |
| 3               | 0.247±0.017                                     | 73.66±1.84               | 21.13±0.95                  | 52.33±2.24                       | 0.40±0.03                |
| 4               | 0.197±0.019                                     | 70.41±2.16               | 24.16±1.16                  | 46.25±2.82                       | 0.52±0.04                |
| 5(CK)           | 0.258±0.013                                     | 75.19±1.71               | 19.05±1.08                  | 56.14±2.12                       | 0.34±0.03                |

### 2.2 柠条发酵粉复配鸡粪基质对黄瓜盛果期功能叶光合性能指标的影响

由表 2 可以看出,黄瓜盛果期功能叶叶绿素含量总体随着柠条基质粉中添加鸡粪比例的增加呈先升高后降低的趋势。方差分析表明:柠条粉复配基质对黄瓜盛果期功能叶叶绿素含量有显著影响。多

重比较分析表明:处理 3 基质黄瓜的叶绿素含量极显著高于 CK 及其他处理;处理 2 与 CK 无显著差异,但与处理 1 和处理 4 存在极显著差异;处理 1 和处理 4 极显著低于 CK。说明柠条粉中添加 20%~30% 的鸡粪更有利于提高黄瓜叶片的叶绿素含量。

表 2 柠条发酵粉复配鸡粪基质对黄瓜盛果期功能叶光合性能指标的影响

Table 2 Effects of different caragana-straw mixtures with chicken dung on photosynthetic performance indexes of cucumber leaves at full fruit stage

| 处理<br>Treatment | 叶绿素 SPAD 值<br>Chlorophyll SPAD values |               |               | Pn/(μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )<br>Photosynthetic rate |               |               | 叶绿素荧光参数<br>Chlorophyll fluorescence parameters |                |
|-----------------|---------------------------------------|---------------|---------------|--------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|------------------------------------------------|----------------|
|                 | 2010-05-01                            | 2010-05-16    | 2010-05-31    | 2010-05-01                                                         | 2010-05-16    | 2010-05-31    | Fv/Fo                                          | Fv/Fm          |
| 1               | 51.75±1.21 cC                         | 53.03±1.19 cC | 52.49±1.18 cC | 16.35±0.02 dC                                                      | 18.60±0.02 cC | 17.36±0.01 cC | 0.835±0.005 cC                                 | 4.986±0.105 cC |
| 2               | 55.38±1.18 bB                         | 58.73±1.11 bB | 56.59±1.15 bB | 19.56±0.01 bA                                                      | 21.14±0.01 bB | 20.34±0.01 bB | 0.843±0.060 bB                                 | 5.312±0.106 bB |
| 3               | 57.10±1.15 aA                         | 61.87±1.06 aA | 58.11±1.10 aA | 20.35±0.01 aA                                                      | 23.40±0.01 aA | 21.98±0.01 aA | 0.846±0.007 aA                                 | 5.649±0.103 aA |
| 4               | 49.67±1.09 cC                         | 52.47±1.23 cC | 50.28±1.19 cC | 17.56±0.02 cB                                                      | 19.46±0.02 cC | 18.45±0.01 cC | 0.837±0.009 cC                                 | 5.039±0.107 cC |
| 5(CK)           | 54.97±1.31 bB                         | 58.84±1.21 bB | 55.14±1.17 bB | 19.37±0.02 bA                                                      | 21.26±0.01 bB | 20.12±0.01 bB | 0.841±0.008 bB                                 | 5.430±0.108 bB |

注:多重比较采用 Duncan 新复极差法,小写字母表示在 0.05 水平上显著,大写字母表示在 0.01 水平上显著。表 3 同。  
Note:The Duncan was used to put up multiple comparison. The different capital and small letters respectively meant significant differencet at 0.01 and 0.05 level. The same as table 3.

各个处理黄瓜盛果期功能叶光合速率(Pn)的变化趋势与叶绿素含量相似,仍以处理 3 黄瓜的 Pn 最高,且显著或极显著高于 CK 及其他处理;其次是处理 2,与 CK 光合速率相近,无显著差异(表 2),说明柠条粉中添加 20%~30%的鸡粪更有利于提高黄瓜叶片的光合效率。

最大光化学量子产量(Fv/Fm)反映了叶绿体中捕光色素蛋白复合体捕获光能传递给反应中心,并转化为生物化学能的能力。从表 2 可以看出,各个处理黄瓜盛果期功能叶叶绿素荧光参数(Fv/Fo、Fv/Fm)的变化趋势与光合速率(Pn)相似。方差分析表明:处理 3 的 Fv/Fo 及 Fv/Fm 极显著高于其他处理,处理 2 与 CK 无显著差异,处理 1 和处理 4

极显著低于 CK。可见柠条发酵粉中添加 20%~30%的鸡粪更有利于提高黄瓜叶片的光能转化能力,从而提高了光合效率。

### 2.3 柠条发酵粉复配鸡粪基质对黄瓜果实形态指标及产量的影响

由表 3 可以看出,各处理黄瓜的瓜长和瓜直径均以处理 2 最高,分别为 36.23 和 3.23 cm,均显著高于处理 1 和处理 4,但与处理 3 和 CK 间无显著差异;瓜条数以处理 3 最高,为 15.12 个,极显著高于处理 1 和处理 4,而与处理 2 和 CK 间无显著差异;单果质量以处理 2 最高,为 189.32 g,显著或极显著高于其他处理(处理 3 除外)。

表 3 柠条发酵粉复配鸡粪基质对黄瓜果实形态指标及产量的影响

Table 3 Effects of different caragana-straw mixtures with chicken dung on fruit morphology indexes and yields of cucumber

| 处理<br>Treatment | 长度/cm<br>Length | 直径/cm<br>Diameter | 瓜条数<br>Fruit number | 单果质量/g<br>Weight | 产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Yield |
|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------|------------------|------------------------------------|
| 1               | 30.12±1.29 bB   | 2.98±0.12 bB      | 13.38±0.65 cC       | 173.56±9.56 bcB  | 6 0531.75±20.95 bB                 |
| 2               | 36.23±1.18 aA   | 3.23±0.16 aA      | 14.92±0.59 aA       | 189.32±9.84 aA   | 6 7854.75±22.36 aA                 |
| 3               | 35.46±1.13 aAB  | 3.11±0.11 aAB     | 15.12±0.51 aA       | 188.95±10.26 aA  | 6 7959.30±21.95 aA                 |
| 4               | 30.53±1.32 bAB  | 3.01±0.13 bB      | 14.61±0.61 bB       | 172.23±10.02 cB  | 6 0393.75±20.59 bB                 |
| 5(CK)           | 35.21±1.24 aAB  | 3.14±0.15 aAB     | 15.04±0.66 aA       | 180.35±9.95 bAB  | 6 6391.85±21.65 aA                 |

柠条基质中添加鸡粪的比例在 10%~30%时,随着鸡粪比例的增加黄瓜产量呈上升趋势,方差及多重比较分析(表 3)表明:处理 2(添加鸡粪比例为 30%)和处理 3(添加鸡粪比例为 20%)黄瓜产量均极显著高于处理 1 和处理 4,但与 CK 均无显著差异,可见在柠条发酵粉中添加鸡粪并不是越多越好,过多的鸡粪会抑制黄瓜的生长,并直接影响作物的产量,柠条发酵粉中添加 20%~30%的鸡粪更有利于黄瓜产量的提高。

## 3 讨论与结论

蒋卫杰等<sup>[16]</sup>认为,栽培基质的最适体积质量为 0.1~0.8 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度为 55%~95%,通气孔隙为 20%左右,大小孔隙比为 1:2~1:4。本研究表明,柠条粉中添加 20%或 30%鸡粪的复配基质的基本物理性能均在适宜栽培基质的范围内,各项指标均接近或优于 CK 基质。

叶绿素是将光能转化为化学能的重要组分,其含量及消长与光合强度密切相关,叶绿素含量的高低在很大程度上反映了植株的生长状况和叶片的光合能力<sup>[17]</sup>,可快速测定的 SPAD 值能够有效反映叶绿素含量的相对值。本研究结果表明,黄瓜盛果期功能叶的叶绿素含量和光合速率(Pn),总体随着柠

条发酵粉中鸡粪添加比例的增加呈现先升高后降低的趋势,且以柠条发酵粉中添加 20%或 30%的鸡粪更为有利。

植物体内发出的叶绿素荧光信号包含着丰富的光合作用信息,且极易随外界环境的变化而变化<sup>[18-20]</sup>,利用叶绿素荧光能够有效探测有关植物生长发育与营养状况的许多信息<sup>[21-23]</sup>,可快速、灵敏和非破坏性地分析环境因子对光合作用的影响。本研究结果表明,柠条发酵粉中添加鸡粪后对黄瓜盛果期功能叶片的 Fv/Fm 和 Fv/Fo 影响显著,且以柠条发酵粉中添加 20%或 30%鸡粪的效果较好,表明柠条发酵粉中添加 20%或 30%的鸡粪能够促进黄瓜盛果期功能叶片电子传递能力和 PSⅡ潜在活性及光能转化效率显著提高。

鸡粪中可能含有芳香族有机酸等化学类物质,它们对植物的生长发育具有抑制作用<sup>[24]</sup>。柠条发酵粉中添加 10%~30%鸡粪时,柠条发酵粉中大量的有机质抑制了鸡粪中有机酸的作用,使柠条发酵粉复配鸡粪基质的栽培效果得以充分发挥。而当添加鸡粪比例达到 40%时,柠条发酵粉中的有机质不足以抑制鸡粪中有机酸的作用,使得柠条发酵粉复配鸡粪基质的栽培效果反而下降。本研究结果表明,柠条发酵粉中添加 20%或 30%鸡粪时对黄瓜的

长度、直径、单果质量及产量等都表现出良好的促进效果。

综上所述,柠条发酵粉中添加 20%或 30%的鸡粪是栽培黄瓜时的最适基质配比,说明将柠条发酵粉作为栽培基质是可行的,但这一配比在栽培番茄、辣椒等其他茄果类中的表现还有待进一步研究。

[参考文献]

[1] 张阵万,杨淑性. 陕西锦鸡儿属(*Caragana* Fabr.)植物 [J]. 西北植物学报,1983(3):21-31.  
Zhang Z W, Yang S X. Plant of *Caragana* Fabr. in Shaanxi [J]. Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, 1983(3): 21-31. (in Chinese)

[2] 曾 辰,邵明安. 黄土高原水蚀风蚀交错带柠条幼林地土壤水分动态变化 [J]. 干旱地区农业研究, 2006, 24(6): 155-158.  
Zeng C, Shao M A. Soil moisture variation of young *Caragana korshinskii* artificial shrubland in the wind-water erosion criss-cross region of the Loess Plateau [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2006, 24(6): 155-158. (in Chinese)

[3] 高优娜,常金宝,周 闯. 柠条的营养成分动态变化分析 [J]. 北方环境, 2011(Z1): 41-43.  
Gao Y N, Chang J B, Zhou C. Study on dynamic change of nutritive components in Ningtiao *Caragana* [J]. Northern Environment, 2011(Z1): 41-43. (in Chinese)

[4] 温学飞,魏耀峰,吕海军,等. 宁夏柠条资源可持续利用的探讨 [J]. 西北农业学报, 2005, 14(5): 177-181.  
Wen X F, Wei Y F, Lü H J, et al. Survey on sustaining utilization of caragana resource in Ningxia [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2005, 14(5): 177-181. (in Chinese)

[5] 王雁丽,杨如达. 浅谈西部地区柠条资源的开发利用 [J]. 中国西部科技, 2004(11): 71-73.  
Wang Y L, Yang R D. With concise remarks on the development and utilization of resources of the western region of *Caragana* [J]. Science and Technology of West China, 2004(11): 71-73. (in Chinese)

[6] 曲继松,郭文忠,张丽娟,等. 柠条粉作基质对西瓜幼苗生长发育及干物质积累的影响 [J]. 农业工程学报, 2010, 12(8): 4-8.  
Qu J S, Guo W Z, Zhang L J, et al. Influence on the growth and accumulation of dry matter of watermelon seedlings based on caragana-straw as nursery substrate [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 12(8): 4-8. (in Chinese)

[7] 张雄杰,盛晋华,赵怀平. 柠条饲用转化技术研究进展及内蒙古柠条饲料产业前景 [J]. 畜牧与饲料科学, 2010(5): 21-23.  
Zhang X J, Sheng J H, Zhao H P. Advances in feeding conversion technology on caragana and its prospect of caragana feed industry in Inner Mongolia [J]. Animal Husbandry and Feed Science, 2010(5): 21-23. (in Chinese)

[8] 陈义岗,吴 鑫. 柠条饲料利用技术的研究 [J]. 中国畜牧兽医文摘, 2011(2): 137-138.  
Chen Y G, Wu X. Study on the feed utilization technology of

*Caragana* [J]. China Animal Husbandry Veterinary Abstract, 2011(2): 137-138. (in Chinese)

[9] 张 旭,马 芳,韩晓玲,等. 内蒙古柠条饲料加工利用现状及前景分析 [J]. 农机化研究, 2009(2): 231-234.  
Zhang X, Ma F, Han X L, et al. The status quo on processing and utilization of *Caragana* feed and its foreground analyzing in Inner Mongolia [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009(2): 231-234. (in Chinese)

[10] 王 丁. 柠条饲料化开发利用试验研究 [D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2007.  
Wang D. Study on the exploitation and utilization of peashrub feedstuff [D]. Yangling, Shaanxi: Northwest Agricultural University, 2007. (in Chinese)

[11] 冯海萍,郭文忠,曲继松,等. 不同营养液对辣椒柠条基质栽培产量和品质的影响 [J]. 北方园艺, 2010(5): 153-155.  
Feng H P, Guo W Z, Qu J S, et al. Effects of different nutritional solution on yield and quality of pepper in *Caragana* substrate culture [J]. Northern Horticulture, 2010(5): 153-155. (in Chinese)

[12] 冯海萍,曲继松,郭文忠,等. 基于发酵柠条为栽培基质对樱桃番茄产量及品质的初步研究 [J]. 北方园艺, 2010(3): 22-24.  
Feng H P, Qu J S, Guo W Z, et al. Based on fermentation *Caragana* take the cultivation matrix and a preliminary study on yield and quality of cherry tomato [J]. Northern Horticulture, 2010(3): 22-24. (in Chinese)

[13] 曲继松,冯海萍,王彩玲,等. 柠条粉基质栽培对番茄产量和品质的影响 [J]. 长江蔬菜, 2010(2): 63-64.  
Qu J S, Feng H P, Wang C L, et al. Effect of *Caragana korshinskii* Kom powder as substrate culture on tomato yield and quality [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2010(2): 63-64. (in Chinese)

[14] 盖钧镒. 试验统计方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 227-232.  
Gai J Y. Methods of experimental statistics [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2000: 227-232. (in Chinese)

[15] 李谦盛,裴晓宝,郭世荣,等. 复配对芦苇末基质物理性状的影响 [J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(3): 23-26.  
Li Q S, Pei X B, Guo S R, et al. Effect of mixing on the physical properties of reed residue substrate [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2003, 26(3): 23-26. (in Chinese)

[16] 蒋卫杰,杨其常. 小康之路·无土栽培特选项目与技术 [M]. 北京: 科学普及出版社, 2008: 46-52.  
Jiang W J, Yang Q C. Well-off road · chosen with technology project soilless cultivation [M]. Beijing: Science Popularization Publishing House, 2008: 46-52. (in Chinese)

[17] 徐惠凤,刘兴土. 向日葵叶片叶绿素和比叶重及其产量研究 [J]. 农业系统科学与综合研究, 2003, 19(2): 97-100.  
Xu H F, Liu X T. Study on sunflower chlorophyll and the specific leaf weight [J]. System Science and Comprehensive Studies in Agriculture, 2003, 19(2): 97-100. (in Chinese)

[18] Genty B, Briantais J M, Baker N R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and

quenching of chlorophyll fluorescence [J]. Biochemical Biophysical Acta,1989,990:87-92.

[19] Krause G H, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photo-synthesis [J]. Annu Rew Plant Physiol Plant Mol Biol,1991,42: 313-349.

[20] Van Kooten O, Snel J F H. The use of chlorophyll nomen-clature in plant stress physiology [J]. Photosynthesis Research, 1990,25:147-150.

[21] Maxwell K, Johnson G N. Chlorophyll fluorescence: A practi-cal guide [J]. Journal of Experiment Botany, 2000, 51: 659-668.

[22] Schreiber U, Bilger W, Neubauer G. Chlorophyll fluores-cence; New instruments for special application [M]//Schulze E D, Cald-well M M. Ecophysiology of photosynthesis. Berlin: Springer-Ver-lag,1994:147-150.

[23] 赵丽英,邓西平,山 仑,等. 不同水分处理下冬小麦旗叶叶绿素荧光参数的变化研究 [J]. 中国生态农业学报,2007,15(1):63-66.

Zhao L Y, Deng X P, Shan L, et al. Effects of altered water condition on some chlorophyll fluorescence parameters of flag leaves of winter wheat [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2007,15(1):63-66. (in Chinese)

[24] 王 波. 秸秆型栽培基质的理化特性及其对黄瓜产量、品质的影响 [D]. 长春:吉林农业大学,2003.

Wang B. The physical and chemical character of culture sub-strates and its effect on yield and quality of cucumber [D]. Changchun: Jilin Agricultural University,2003. (in Chinese)

(上接第 118 页)

[18] 刘庞源,张宝海,何伟明. 传统优良番茄品种与新番茄品种品质比较 [J]. 中国蔬菜,2009(10):37-40.

Liu P Y, Zhang B H, He W M. The traditional fine tomato va-rieties and new tomato varieties quality comparison [J]. Chi-nese Vegetables,2009(10):37-40. (in Chinese)

[19] 郭 超,牛文全. 根际通气对盆栽玉米生长与根系活力的影响 [J]. 中国生态农业学报,2010,18(6):1194-1198.

Guo C, Niu W Q. Effects of rhizosphere ventilation on growth and root activity of potted maize [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2010,18(6):1194-1198. (in Chinese)

[20] 牛文全,郭 超. 根际土壤通透性对玉米水分和养分吸收的影响 [J]. 应用生态学报,2010,21(11):2785-2791.

Niu W Q, Guo C. Effects of rhizosphere soil permeability on water and nutrient uptake by maize [J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2010,21(11):2785-2791. (in Chinese)

[21] 甲宗霞,牛文全,张 璇. 根际通气对盆栽番茄生长及水分利利用率的影响 [J]. 干旱地区农业研究,2011,29(11):18-23.

Jia Z X, Niu W Q, Zhang X. Effects of rhizosphere ventilation on the growth and water use efficiency of tomato [J]. Agri-cultural Research in the Arid Areas,2011,29(11):18-23. (in Chinese)

[22] 甲宗霞,牛文全,张 璇. 通气灌溉对番茄产量与品质的影响 [J]. 灌溉排水学报,2011,30(4):13-17.

Jia Z X, Niu W Q, Zhang X. Effects of ventilation irrigation on yield and fruit quality of tomato [J]. Journal of Irrigation and Drainage,2011,30(4):13-17. (in Chinese)