

网络出版时间:2014-01-02 15:59

DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.052

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/doi/10.13207/j.cnki.jnwafu.2014.02.052.html

栽培方式对温室辣椒光合特性及产量和品质的影响

赵倩, 逯明辉, 巩振辉, 王军娥, 贺玉梅

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 【目的】研究温室辣椒最适宜的栽培方式,为温室辣椒的优质高产提供理论依据。【方法】以“秦椒 1 号”为材料,采用完全随机区组试验,研究穴距、行距、定植方式对温室辣椒农艺性状、光合特性及产量、品质的影响。【结果】穴距 35 cm、行距为窄行 50 cm/宽行 70 cm 时,辣椒植株的株高、茎粗、叶绿素相对含量以及地上部分和地下部分干物质质量均达到较高水平。定植方式对下层叶片光合作用影响较大,且单株定植时植株的光合作用较强。在穴距 35 cm、窄行 50 cm/宽行 70 cm 条件下,双株定植时辣椒折合总产量最高,为 102 583.5 kg/hm²;单株定植时折合总产量为 94 735.5 kg/hm²,综合经济效益最好。穴距对辣椒果实品质的影响差异不显著,单株定植时果实的综合品质较好。【结论】穴距 35 cm、行距为窄行 50 cm/宽行 70 cm、单株定植时综合效益最好,是钢管骨架塑料大棚内“秦椒 1 号”辣椒品种适宜的栽培方式。

【关键词】辣椒;栽培方式;农艺性状;光合特性;产量;品质

【中图分类号】S641.304

【文献标志码】A

【文章编号】1671-9387(2014)02-0087-07

Effects of cultivation means on photosynthetic characteristics, quality and yield of greenhouse pepper

ZHAO Qian, LU Ming-hui, GONG Zhen-hui, WANG Jun-e, HE Yu-mei

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to find the best cultivation conditions for greenhouse pepper. 【Method】 Using pepper variety “Qin pepper No. 1” as test material, effects of hole distance, row spacing, and planting method on agronomic traits, photosynthesis characteristics, quality and yield of greenhouse pepper were studied using completely randomized experiment. 【Result】 The plant height, stem diameter, chlorophyll content and dry matter content reached a good level when the hole distance, narrow row distance and wide row distance were 35 cm, 50 cm and 70 cm, respectively. The planting methods had significant effects on the photosynthesis of lower leaves, especially for single planting. At the optimal condition, double planting reached the maximum yield of 102 583.5 kg/hm², and single planting reached the maximum yield of 94 735.5 kg/hm². The best economic benefits were obtained as well. The difference in effect of hole spacing and row spacing on fruit quality was not significant. The nutritional quality of pepper in single planting was better. 【Conclusion】 The optimal planting patterns for pepper variety “Qin pepper No. 1” were single seedling method with hole distance, narrow row distance, and wide row distance of 35 cm, 50 cm, and 70 cm, respectively.

【收稿日期】 2013-02-06

【基金项目】 国家自然科学基金项目(31272163);陕西省科技统筹创新工程计划项目(2012KTCL02-09)

【作者简介】 赵倩(1986—),女,山东淄博人,在读硕士,主要从事蔬菜设施栽培技术与种质创新研究。

E-mail:zhaoqian0225@163.com

【通信作者】 巩振辉(1957—),男,陕西礼泉人,教授,博士,博士生导师,主要从事蔬菜种质资源与生物技术研究。

E-mail:zhgong@nwsuaf.edu.cn

Key words: pepper; cultivation way; agronomic trait; photosynthesis characteristics; yield; quality

辣椒营养丰富,具有重要的经济价值和食疗保健作用,市场需求旺盛,现已成为西北地区主要的蔬菜作物。随着辣椒优良品种的不断推出,在生产中如何提高其产量成为研究人员和种植者广泛关注的问题。日光温室、塑料大棚、间作套种等栽培方式的广泛应用,有效地提高了辣椒生产的经济效益^[1]。但目前生产中普遍采用双株定植方式,致使辣椒生长后期常发生互相抑制的现象,影响其产量。目前对辣椒产量影响因素的研究大多局限于单一栽培密度的筛选以及水肥措施对产量品质的影响方面^[2-9],关于不同栽培方式对辣椒产量和品质的影响研究较少。为此,本试验设计了不同穴距、行距及定植方式的组合,通过分析不同组合对温室辣椒光合特性及产量和品质的影响,拟寻找最适宜的栽培方式,为温室辣椒优质高产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料及试验地点

供试辣椒品种选用“秦椒 1 号”,由西北农林科技大学辣椒课题组提供。试验地设在西北农林科技大学园艺场钢管骨架塑料大棚内,棚宽 8 m,长 50 m。试验地土壤为肥力中等的壤质土。每个试验小区长 3.2 m,宽 2.4 m,面积 7.68 m²,小区长与棚长方向垂直。

1.2 试验设计

设穴距(A)、行距(B)和定植方式(C)3 个因素,每个因素设置 2 个水平,即: A1(35 cm)、A2(45 cm)、B1(窄行 40 cm/宽行 80 cm)、B2(窄行 50 cm/宽行 70 cm)、C1(单株)、C2(双株)。试验采用完全随机区组设计,共 8 个处理,每处理种植 1 个小区,3 次重复,共 24 个小区。04-26 选取长势一致的辣椒苗按试验设计进行定植,定植后采用常规生产管理。05-10 在每处理中选取长势一致的 10 株辣椒苗挂牌标记作为观测植株,3 次重复。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 农艺性状 定植后开始观察辣椒的生长状况,于 07-10 用卷尺和数显游标卡尺测定所选植株的株高和茎粗。果实采收后(10-12)在每小区标记株中选取 3 株进行破坏性采样,分别称量植株地上部分和地下部分鲜质量,于 105 ℃下杀青 30 min 后再于 80 ℃下烘至质量恒定,称取干质量。分处理、分重复计算上述指标的平均值^[10]。用 SPAD-502

叶绿素仪于辣椒结果盛期(08-04)在上午 09:00—11:00,测定不同处理植株的上层叶片(四母斗处)和下层叶片(对椒处)的叶绿素相对含量(SPAD 值)^[11]。

1.3.2 光合特性 用 LI-6400 便携式光合仪于辣椒结果盛期(08-02)在上午 09:00—11:00,测定植株上层叶片(四母斗处)和下层叶片(对椒处)的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)和气孔导度(G_s)。

1.3.3 产量 对标记的测产株按商品果标准(绿熟期)进行采收,前期每隔 10 d 采收 1 次,后期 15~20 d 采收 1 次。称量每次收获果实的总质量,并记录果实个数,采收结束后计算单株结果数和单株产量。将始收期开始后的 20 d 内采收的果实产量作为前期产量,10-10 测产结束,计算各处理总产量。

1.3.4 果实品质 于辣椒结果盛期,在每个处理中选取相同位置、同一天开的花进行挂牌标记,选取商品成熟期的果实混合取样测定果实品质。维生素 C(V_c)含量采用钼蓝比色法测定,可溶性蛋白含量采用考马斯亮兰 G-250 染色法测定,辣椒红素含量取红熟期果实用分光光度计法测定,果实干物质含量(质量分数)采用烘干法测定^[12]。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2007 软件处理试验数据,采用 SAS (V8.1)软件进行不同处理数据的差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 栽培方式对辣椒农艺性状的影响

植物营养生长突出体现在植株高度和主茎茎粗 2 方面。由表 1 可知,行距(B)、定植方式(C)、穴距×行距、穴距×定植方式对辣椒株高和茎粗的影响均达到差异显著水平。并且行距为 B2 时,辣椒的株高和茎粗显著大于 B1;定植方式为双株(C2)时,株高显著高于单株(C1),但茎粗显著低于单株(C1)。穴距(A)对株高影响的差异达到显著水平,且穴距为 A1 时的株高显著大于 A2。

在植物的光合作用中,叶绿素是捕获光的主要物质,植物叶片中叶绿素含量是光合作用的重要指标^[13]。从表 1 可以看出,各栽培因素对辣椒植株上层叶片叶绿素相对含量的影响差异均不显著,但穴距(A)、定植方式(C)、行距×定植方式对下层叶片叶绿素相对含量的影响均达到差异显著水平。并且

穴距为 A1 时,下层叶片叶绿素相对含量显著高于 A2;定植方式为 C1 时,下层叶片叶绿素相对含量显著高于 C2;不同行距对下层叶片叶绿素相对含量的影响差异不显著。

表 1 不同栽培方式对辣椒植株农艺性状的影响及方差分析结果

Table 1 Effects of different cultivation means on the agronomic traits of pepper and variance analysis

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem width	叶绿素相对含量(SPAD) Chlorophyll content		干物质质量/(g·株 ⁻¹) Dry matter content	
			上层叶片 Upper leaf	下层叶片 Lower leaf	地上部分 Aboveground part	地下部分 Underground part
A1B1C1	59.2 cd	9.14 bc	66.76 abc	64.43 a	47.80 b	4.58 d
A1B1C2	63.1 bc	8.10 d	67.14 ab	61.12 bc	37.52 c	5.04 d
A1B2C1	66.5 ab	10.32 a	66.25 abc	62.47 b	54.64 a	8.18 a
A1B2C2	70.8 a	9.05 bc	68.66 a	61.49 bc	39.06 c	6.82 bc
A2B1C1	56.2 d	9.22 b	64.53 c	61.68 bc	47.90 b	7.89 ab
A2B1C2	65.9 ab	8.62 cd	67.10 ab	61.12 bc	27.06 d	5.21 d
A2B2C1	57.8 cd	9.49 b	67.26 ab	62.59 b	47.25 b	6.83 bc
A2B2C2	66.5 ab	9.10 bc	65.77 bc	60.73 c	28.99 d	5.69 cd
A1	64.9 a	9.15 a	67.20 a	62.38 a	44.76 a	6.16 a
A2	61.6 b	9.11 a	66.17 a	61.53 b	37.80 b	6.41 a
B1	61.1 b	8.77 b	66.38 a	60.08 a	40.07 b	5.68 b
B2	65.4 a	9.49 a	66.98 a	61.82 a	42.49 a	6.88 a
C1	59.9 b	9.54 a	66.20 a	62.79 a	49.39 a	6.87 a
C2	66.6 a	8.72 b	67.17 a	61.12 b	33.16 b	5.69 b
A	*			*	*	
B	*	*			*	*
C	*	*		*	*	*
A×B	*	*				
A×C	*	*			*	*
B×C				*		
A×B×C					*	*

注:A表示穴距,A1.35 cm,A2.45 cm;B表示行距,B1.窄行 40 cm/宽行 80 cm,B2.窄行 50 cm/宽行 70 cm;C表示定植方式,C1.单株,C2.双株。同列数据后标不同小写字母和“*”者表示在α=0.05 水平差异显著,表中空白项表示无显著差异。下表同。
Note:A represents hole distance,A1.35 cm,A2.45 cm;B represents row spacing,B1. Narrow row 40 cm/wide row 80 cm,B2. Narrow row 50 cm/wide row 70 cm;C represents planting method,C1. Single seedlings,C2. Double plants. Different lowercase letters and “*” indicate significant difference at α= 0.05 level,and the blank grids indicate no significant difference. The same below.

由表 1 还可知,穴距(A)对辣椒地上部分干物质质量的影响达到差异显著水平,且穴距为 A1 时地上部分干物质质量显著大于 A2,但是穴距对地下部分干物质质量的影响差异不显著。行距(B)、定植方式(C)、穴距×定植方式、穴距×行距×定植方式对植株地上部分和地下部分干物质质量的影响均达到差异显著水平,并且行距为 B2、定植方式为 C1 时,植株的地上部分和地下部分干物质质量均分别显著高于 B1、C2。

综合分析可知,当栽培方式为穴距 35 cm、行距为窄行 50 cm/宽行 70 cm 时,辣椒植株的株高、茎粗、叶绿素相对含量以及地上部分和地下部分干物质质量均达到较高水平,植株生长旺盛,在此方式下双株定植(即处理 A1B2C2)时植株的株高最大,为 70.8 cm;单株定植(即处理 A1B2C1)时茎粗最大,为 10.32 mm,并且下层叶片叶绿素相对含量较高,植株地上部分和地下部分干物质质量最大,分别为

54.64 和 8.18 g/株。

2.2 栽培方式对辣椒光合特性的影响

不同栽培方式对辣椒不同叶层叶片净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)和气孔导度(G_s)的影响及方差分析结果见表 2。由表 2 可知,辣椒植株上层叶片的 P_n 均大于其下层叶片,但是各处理间上层叶片的 P_n 差异并不显著。定植方式(C)和穴距×行距对下层叶片 P_n 的影响达到差异显著水平。对有显著差异的因素进行多重比较可知,单株定植(C1)时植株下层叶片 P_n 显著大于双株定植(C2)时,其中处理 A1B1C1 下层叶片 P_n 最大,为 $15.11\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,A1B2C1 次之,为 $13.87\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。

由表 2 还可知,各因素及其互作对辣椒植株上层和下层叶片 C_i 的影响差异均不显著。各处理中植株上层叶片的 T_r 均大于下层叶片,其中处理 A1B1C2 的上层叶片 T_r 最大,为 7.01

$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;处理 A2B1C1 的下层叶片 Tr 最大,为 $5.24 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。行距(B)和定植方式(C)对植株下层叶片 Tr 的影响均达到差异显著水平,其中行距为 B1 时下层叶片 Tr 显著高于 B2,定植方式为 C1 时下层叶片 Tr 显著高于 C2。穴距 $\times$ 定植方式对植株上层叶片 G_s 的影响达到差异显著水平,定

植方式对下层叶片 G_s 的影响达到差异显著水平,且定植方式为 C1 时下层叶片 G_s 显著大于 C2。其余因素对 G_s 的影响差异均不显著。

综合分析可知,定植方式对下层叶片光合作用影响最大,且单株定植时植株的光合作用较强。

表 2 不同栽培方式对辣椒不同叶层叶片净光合速率(P_n)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(Tr)和气孔导度(G_s)的影响及方差分析结果

Table 2 Effects of different cultivation means on the photosynthetic rate (P_n), intercellular CO_2 concentration(C_i), Transpiration rate (Tr) and stomatal conductance (G_s) of pepper leaves at different leaf layers and variance analysis								
处理 Treatment	$P_n/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$		$C_i/(\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1})$		$Tr/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$		$G_s/(\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$	
	上层 Upper	下层 Lower	上层 Upper	下层 Lower	上层 Upper	下层 Lower	上层 Upper	下层 Lower
A1B1C1	21.51 a	15.11 a	256.17 a	266.53 a	6.05 ab	5.21 a	0.46 a	0.34 a
A1B1C2	20.76 a	12.07 bcd	251.47 a	258.92 a	7.01 a	4.69 a	0.53 a	0.28 a
A1B2C1	21.49 a	13.87 ab	258.52 a	262.54 a	5.31 b	4.71 a	0.44 a	0.33 a
A1B2C2	21.75 a	9.96 d	246.33 a	268.53 a	6.09 ab	3.45 b	0.51 a	0.22 a
A2B1C1	20.60 a	13.10 ab	246.85 a	264.70 a	5.39 b	5.24 a	0.45 a	0.33 a
A2B1C2	21.65 a	10.67 cd	244.85 a	258.88 a	5.40 b	4.54 a	0.45 a	0.31 a
A2B2C1	22.28 a	13.70 ab	252.36 a	264.43 a	6.22 ab	5.09 a	0.53 a	0.31 a
A2B2C2	20.36 a	12.67 bc	241.18 a	237.56 a	4.96 b	3.44 b	0.41 a	0.26 a
A1	21.38 a	12.75 a	253.12 a	264.13 a	6.11 a	4.52 a	0.49 a	0.29 a
A2	21.22 a	12.53 a	246.31 a	256.39 a	5.49 b	4.57 a	0.46 a	0.30 a
B1	21.13 a	12.74 a	249.84 a	262.26 a	5.96 a	4.92 a	0.47 a	0.32 a
B2	21.47 a	12.55 a	249.60 a	258.26 a	5.65 a	4.17 b	0.47 a	0.28 a
C1	21.47 a	13.94 a	253.48 a	264.45 a	5.74 a	5.06 a	0.47 a	0.33 a
C2	21.13 a	11.34 b	245.96 a	255.97 a	5.86 a	4.03 b	0.48 a	0.27 b
A					*			
B						*		
C		*				*		*
A $\times$ B		*						
A $\times$ C					*		*	
B $\times$ C								
A $\times$ B $\times$ C								

2.3 栽培方式对辣椒产量的影响

由表 3 可知,穴距(A)对辣椒单株果数的影响差异不显著;行距(B)、定植方式(C)对辣椒单株果数的影响均达到差异显著水平。在辣椒的整个结果期,单株定植(C1)时辣椒植株的单株果数均显著大于双株定植(C2)时。行距(B)、定植方式(C)对辣椒前期单株产量和单株总产量的影响均达到差异显著水平,行距 $\times$ 定植方式对单株总产量的影响达到差异显著水平,其余因素和组合对单株总产量的影响差异均不显著。由多重比较结果可知,行距为 B2 时,辣椒前期单株产量和单株总产量均显著高于 B1;定植方式为 C1 时,前期单株产量和单株总产量均显著高于 C2。综合分析可知,处理 A1B2C1 的前期单株产量最高,为 0.76 kg ;处理 A2B2C1 的单株总产量最高,为 2.05 kg 。

由表 3 还可知,穴距(A)和定植方式(C)对小区

前期产量的影响均达到差异显著水平;穴距(A)、行距(B)、定植方式(C)、穴距 $\times$ 定植方式、行距 $\times$ 定植方式对小区总产量和折合总产量的影响均达到差异显著水平,其余因素及组合对小区总产量和折合总产量的影响差异均不显著。对影响显著的因素进行多重比较可知,当行距和定植方式相同时,穴距为 A1 时的小区前期产量和折合总产量均显著高于 A2;当穴距和定植方式相同,行距为 B2 时的小区前期产量和折合总产量均显著高于 B1;当穴距和行距相同,定植方式为 C2 时的小区前期产量和折合总产量均显著高于 C1。

综合分析可知,处理 A1B2C2 的折合总产量最高,为 $102\,583.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$;处理 A1B1C2 次之,折合总产量为 $95\,080.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$;处理 A1B2C1 的折合总产量也较高,为 $94\,735.5 \text{ kg}/\text{hm}^2$,这 3 个处理间的差异不显著,但均显著高于其他处理。

表 3 不同栽培方式对辣椒产量的影响及方差分析结果

Table 3 Effects of different cultivation means on the yields of pepper and variance analysis

处理 Treatment	前期产量 Early yield			总产量 Total yield			
	单株果数 Fruit number per plant	单株产量/kg Yield per plant	小区产量/kg Plot yield	单株总果数 Fruit number per plant	单株总产量/kg Yield per plant	小区总产量/kg Plot yield	折合总产量/ (kg·hm ⁻²) The yield per hectare
A1B1C1	6 bc	0.48 c	17.65 cd	20 c	1.24 c	44.63 cd	58 138.5 cd
A1B1C2	5 c	0.44 c	31.34 a	15 d	1.01 d	72.98 a	95 080.5 a
A1B2C1	9 a	0.76 a	27.16 ab	27 a	2.02 a	72.72 a	94 735.5 a
A1B2C2	6 bc	0.43 c	31.29 a	18 c	1.09 cd	78.74 a	102 583.5 a
A2B1C1	8 ab	0.56 bc	15.68 d	23 b	1.46 b	40.98 d	53 389.5 d
A2B1C2	5 c	0.40 c	22.21 bcd	15 d	0.96 d	53.83 bc	70 132.5 bc
A2B2C1	9 a	0.65 ab	18.28 cd	28 a	2.05 a	56.87 b	74 083.5 b
A2B2C2	5 c	0.44 c	24.49 abc	18 c	0.93 d	52.04 bc	67 798.5 bc
A1	6 a	0.71 a	35.2 a	20 a	1.34 a	67.3 a	87 634.5 a
A2	6 a	0.69 a	26.7 b	21 a	1.35 a	50.9 b	66 351.0 b
B1	6 b	0.59 b	26.7 b	18 b	1.17 b	53.1 b	69 186.0 b
B2	7 a	0.82 a	35.1 a	22 a	1.52 a	65.3 a	84 801.0 a
C1	8 a	0.87 a	27.9 b	24 a	1.69 a	53.8 b	70 087.5 b
C2	5 b	0.53 b	33.9 a	16 b	1.00 b	64.4 a	83 899.5 a
A			*			*	*
B	*	*		*	*	*	*
C	*	*	*	*	*	*	*
A×B	*						
A×C	*					*	*
B×C	*			*	*	*	*
A×B×C							

2.4 栽培方式对辣椒果实品质的影响

由表 4 可知,定植方式(C)、穴距×定植方式、行距×定植方式、穴距×行距×定植方式对辣椒果实 Vc 含量的影响均达到差异显著水平,并且总体

而言,定植方式为 C1 时的辣椒果实中 Vc 含量显著高于 C2。处理 A1B1C1 的 Vc 含量最高,为 178.25 mg/hg,处理 A2B1C1 次之。

表 4 不同栽培方式对辣椒果实品质的影响及方差分析结果

Table 4 Effects of different cultivation means on the quality of pepper and variance analysis

处理 Treatment	V _C /(mg·hg ⁻¹)	可溶性蛋白/(mg·g ⁻¹) Soluble protein	辣椒红素/(μg·g ⁻¹) Capsorubin	干物质含量/% Dry matter content
A1B1C1	178.25 a	26.36 ab	1.44 a	7.24 bc
A1B1C2	141.44 e	22.21 cd	1.71 a	7.39 bc
A1B2C1	158.84 cd	26.94 ab	1.76 a	7.23 bc
A1B2C2	165.88 bc	21.89 cd	1.54 a	7.26 bc
A2B1C1	170.85 b	20.71 d	1.46 a	7.51 ab
A2B1C2	154.68 d	25.29 bc	1.65 a	7.72 a
A2B2C1	156.00 d	29.31 a	1.74 a	7.25 bc
A2B2C2	164.14 bc	24.25 bcd	1.49 a	7.16 c
A1	161.11 a	24.35 a	1.61 a	7.28 a
A2	161.42 a	24.89 a	1.58 a	7.41 a
B1	161.31 a	23.64 b	1.57 a	7.47 a
B2	161.22 a	25.60 a	1.63 a	7.22 b
C1	165.99 a	25.83 a	1.60 a	7.31 a
C2	156.54 b	23.41 b	1.59 a	7.38 a
A				
B		*		*
C	*	*		
A×B		*		*
A×C	*	*		
B×C	*	*	*	
A×B×C	*	*		

表 4 显示,穴距(A)对辣椒果实可溶性蛋白含量的影响未达到差异显著水平,其余因素及组合对辣椒可溶性蛋白含量的影响均达到差异显著水平。其中行距为 B2 时的可溶性蛋白含量显著大于 B1,定植方式为 C1 时的可溶性蛋白含量显著大于 C2。栽培方式为 A2B2C1 和 A1B2C1 2 个组合的可溶性蛋白含量均较高,分别为 29.31 和 26.94 mg/g。

表 4 还显示,行距×定植方式对果实辣椒红素含量的影响达到差异显著水平,其余因素及组合对果实辣椒红素含量的影响差异均不显著;各处理间辣椒红素含量差异不显著,但以处理 A1B2C1 的辣椒红素含量最高,为 1.76 μg/g。行距(B)、穴距×行距对果实干物质含量的影响均达到差异显著水平,其余因素及组合对其影响均不显著;行距为 B1 时辣椒果实干物质含量显著高于 B2,处理 A2B1C2 的干物质含量最高,为 7.72%。

3 讨 论

农艺性状是作物经济性状的基础,也是决定栽培管理措施的重要因素。辣椒与其他作物一样,地上部分和地下部分生长旺盛而良好,是提高产量和果实品质的基础^[14-16]。本研究中,当辣椒栽培方式为穴距 35 cm、行距窄行 50 cm/宽行 70 cm 时,植株的株高、茎粗均达到较高水平,植株生长旺盛,并且单株定植时地上部分和地下部分干物质质量均最大,表明此处理下辣椒根系发达,有利于养分吸收,为单株产量的提高奠定了基础。

作物的产量主要依赖于光合作用,光合作用的强弱受生理机制和外界环境的双重影响^[17]。本试验中,穴距和行距对辣椒植株 *Pn* 的影响差异均不显著;单株定植时下层叶片的叶绿素相对含量和 *Pn* 均显著高于双株定植时,可能是由于双株定植时叶片密集,造成遮光,从而导致 *Pn* 降低,单株定植时植株整体的光合效率高于双株定植时。

本研究中,单株定植时辣椒植株的单株果数大于双株定植时,这与王萍等^[18]对“陇椒 3 号”的研究结果相同。作物生产是一个群体过程,而非个体的表现。栽植过稀,虽然个体机能较强,但是群体直射辐射透过系数和散射辐射透过系数增大,光照损失严重,总产量降低^[19-20]。白晓雷等^[9]的研究表明,日光温室适宜的辣椒定植密度为 40 500~46 500 株/hm²。本试验中,穴距对辣椒单株产量的影响差异不显著,穴距、行距、定植方式、穴距×定植方式和行距×定植方式对折合总产量的影响达到显著水

平。栽培方式为 A1B2C2 (93 810 株/hm²)时辣椒折合总产量最高,为 102 583.5 kg/hm²;栽培方式为 A1B1C2(93 810 株/hm²)时辣椒折合总产量次之,为 95 080.5 kg/hm²;栽培方式为 A1B2C1(46 905 株/hm²)时辣椒折合总产量为 94 735.5 kg/hm²,略低于前 2 个处理,但是单位面积上用苗量减少了一半,综合经济效益最好。

本研究中,穴距对辣椒果实品质的影响差异不显著,单株定植时果实的 Vc、可溶性蛋白、辣椒红素含量均高于双株定植时。行距为 B2 时,果实的可溶性蛋白和辣椒红素含量较 B1 高;行距为 B1 时果实的 Vc 和干物质含量较 B2 高。

综上所述,穴距 35 cm、窄行 50 cm/宽行 70 cm、单株定植时植株的生长及产量和品质均达到较高水平,是“秦椒 1 号”的最优栽培方式。辣椒品种和栽培区域对栽培方式的要求有所不同,本试验针对塑料大棚内“秦椒 1 号”辣椒品种筛选出了合适的行距和定植方式,但是由于试验条件限制,穴距设置较少,在此方式下适量减小穴距会对产量带来怎样的影响,还有待进一步研究。

[参考文献]

[1] 吴 兴,梁银丽,郝旺林,等.覆盖方式对温室辣椒结果期生长和水分利用的影响[J].中国生态农业学报,2011,19(1):54-58.
Wu X,Liang Y L,Hao W L,et al. Effect of mulching mode on growth and water use of greenhouse pepper during fruiting stage[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2011,19(1):54-58. (in Chinese)

[2] 郑元红,肖 莉,牟东岭,等.不同定植方式和密度对辣椒产量及效益的影响[J].贵州农业科学,2011,39(3):80-83.
Zheng Y H,Xiao L,Mou D L,et al. Effect of different planting method and density on pepper yield and economic efficiency[J]. Guizhou Agricultural Sciences,2011,39(3):80-83. (in Chinese)

[3] 王彦飞,曹国璠.不同生物肥料对辣椒产量和品质的影响研究[J].北方园艺,2010(17):13-15.
Wang Y F,Cao G F. Effect of different biological fertilizer on yield and quality of hot pepper[J]. Northern Horticulture,2010(17):13-15. (in Chinese)

[4] 韩明珠,祖艳群,李 元,等.不同施氮水平对丘北辣椒生长、产量及品质的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(增刊):32-35.
Han M Z,Zu Y Q,Li Y,et al. Effects of levels of nitrogen fertilizer application on the growth,yield and quality of chili pepper[J]. Journal of Agro-Environment Science,2010,29(Suppl.):32-35. (in Chinese)

[5] 王 柳,张福漫,魏秀菊.不同氮肥水平对日光温室黄瓜品质和

- 产量的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 225-229.
- Wang L, Zhang F M, Wei X J, et al. Effects of different nitrogen fertilization levels on quality and yield of cucumber cultivated in solar greenhouse [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(12): 225-229. (in Chinese)
- [6] 罗维禄. 不同栽培方式与密度对冬种马铃薯中薯3号的影响[J]. 福建农业学报, 2011, 26(6): 961-965.
- Luo W L. Effects of cultivation modes and planting density on potato Zhongshu 3 (*Solanum tuberosum* L.) in winter season [J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2011, 26(6): 961-965. (in Chinese)
- [7] 李元万, 魏兵强, 王兰兰, 等. 不同株距处理对辣椒产量构成因素及产量的影响[J]. 长江蔬菜, 2011(6): 47-48.
- Li Y W, Wei B Q, Wang L L, et al. Effects of different plant distance on yield and yield factors of hot pepper [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2011(6): 47-48. (in Chinese)
- [8] 陈平, 杜太生, 王峰, 等. 西北旱区温室辣椒产量和品质对不同生育期灌溉调控的响应[J]. 中国农业科学, 2009, 42(9): 3203-3208.
- Chen P, Du T S, Wang F, et al. Response of yield and quality of hot pepper in greenhouse to irrigation control at different stages in Arid Northwest China [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(9): 3203-3208. (in Chinese)
- [9] 白晓雷, 王秀芝, 孟令强, 等. 温室尖椒栽培密度及不同氮磷钾配比施肥试验[J]. 内蒙古农业科技, 2010(6): 42-43.
- Bai X L, Wang X Z, Meng L Q, et al. Density of die peperoli cultivation in greenhouse and application rate of nitrogen, phosphorus and potassium [J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2010(6): 42-43. (in Chinese)
- [10] 梁银丽, 彭强, 陈晨, 等. 光照强度和土壤水分对辣椒品质和产量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2011, 30(4): 35-38.
- Liang Y L, Peng Q, Chen C, et al. Effect of light intensity and soil moisture on fruit quality and yield of pepper [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2011, 30(4): 35-38. (in Chinese)
- [11] 彭强, 梁银丽, 陈晨, 等. 土壤水分对辣椒叶片光合特性及保护酶系统的影响[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(4): 103-106.
- Peng Q, Liang Y L, Chen C, et al. Effects of soil moisture on chlorophyll content, photosynthetic characteristics and activity of protective enzyme in pepper leaves [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2010, 29(4): 103-106. (in Chinese)
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000.
- Gao J F. The experimental technique of plant physiology [M]. Xi'an: World Publishing Corporation, 2000. (in Chinese)
- [13] 潘瑞炽. 植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 55-57.
- Pan R Z. Plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000: 55-57. (in Chinese)
- [14] 孟焕文, 程智慧, 陈燕君, 等. 黄瓜新品种春季大棚栽培评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(12): 106-114.
- Meng H W, Cheng Z H, Chen Y J, et al. Evaluation of new cucumber cultivars grown in spring season under plastic tunnel [J]. Journal of Northwest A&F University: Nat Sci Ed, 2012, 40(12): 106-114. (in Chinese)
- [15] 侯超, 陶承光, 王丽萍, 等. 不同密度和整枝方式对辣椒光合特性、干物质分配及产量的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 159-162.
- Hou C, Tao C G, Wang L P, et al. Effect of different density and training methods on photosynthetic characteristics, dry mater distribution and yield of *Capsicum annuum* L. [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(3): 159-162. (in Chinese)
- [16] 王强, 王浩, 闫鹏, 等. 不同密度及果穗数对日光温室番茄干物质生产与分配的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(7): 1196-1200.
- Wang Q, Wang H, Yan P, et al. Effect of production and distribution of dry matters on different densities and remaining spikes of fruit in greenhouse tomato [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2011, 48(7): 1196-1200. (in Chinese)
- [17] 邹学校, 马艳青, 张竹青, 等. 环境因子对辣椒光合与蒸腾特性的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2005, 14(4): 15-20.
- Zou X X, Ma Y Q, Zhang Z Q, et al. Effects of environment factors on photosynthesis and transpiration characters of *Capsicum annuum* [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2005, 14(4): 15-20. (in Chinese)
- [18] 王萍, 郭晓东, 苏永全. 不同定植方式和密度对日光温室辣椒生长及产量的影响研究[J]. 甘肃农业科技, 2007(4): 13-14.
- Wang P, Guo X D, Su Y Q. Effects of different plantation pattern and density on growth and yield of pepper in sunlight greenhouse [J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2007(4): 13-14. (in Chinese)
- [19] 王强, 王浩, 闫鹏, 等. 不同密度和果穗数对日光温室番茄冠层光合及产量的影响[J]. 北方园艺, 2011(15): 84-87.
- Wang Q, Wang H, Yan P, et al. Effect of canopy intercepted photo-synthetically and yield of fruit on different density and remaining spikes in greenhouse tomato [J]. Northern Horticulture, 2011(15): 84-87. (in Chinese)
- [20] 杨吉顺, 高辉远, 刘鹏, 等. 种植密度和行距配置对超高产玉米群体光合特性的影响[J]. 作物学报, 2010, 36(7): 1226-1233.
- Yang J S, Gao H Y, Liu P, et al. Effects of planting density and row spacing on canopy apparent photosynthesis of high-yield summer corn [J]. Acta Agronomica Sinica, 2010, 36(7): 1226-1233. (in Chinese)