

不同根区温度对嫁接黄瓜生长和光合参数的影响

孙世军, 崔世茂, 宋 阳, 付崇毅, 潘 璐, 孙 潜

(内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要:以云南黑籽南瓜和白籽南瓜为砧木,“津优 35 号”为接穗嫁接的黄瓜为试材,研究其在适温(CK:18~20 ℃)、亚适温(13~15 ℃)、低温(8~10 ℃)的根区温度条件下对嫁接黄瓜生长发育和光合指标的影响。结果表明:与 CK 相比,低温和亚适温对黄瓜的生长产生了明显的抑制作用,株高、茎粗、叶面积、叶片数、地上部干质量和全株干质量明显降低,而根冠比和地下部干质量却有所升高,其中低温条件下的抑制效果更为显著;低温和亚适温降低了嫁接黄瓜的 SPAD 值、净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度和气孔导度;而且不同的嫁接苗之间也存在差异,“黑籽”南瓜砧木在低温逆境的表现上要优于“白籽”南瓜砧木。

关键词:根区温度;嫁接黄瓜;生长特性;光合参数

中图分类号:S 642.204⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0001-05

黄瓜是我国北方地区设施栽培中重要的经济作物,凭借较高的营养价值,倍受人们的青睐。但在我国北方地区冬季黄瓜的栽培中,往往会受到温度的影响。设施环境中低温等环境因素极大地影响了瓜类作物的早熟、高产及品质^[1],给农户带来巨大的经济损失。针对这一问题,人们探索出了嫁接方法来提高黄瓜抵御低温逆境的能力,并已成功应用在黄瓜冬季生产过程中,李志鑫^[2]的研究表明,经过一段时间的低温处理以后,嫁接黄瓜要比自根黄瓜的根系具有更好抵抗温度逆境的能力。胡春梅等^[3]的研究也表明,长期低温条件下黄瓜嫁接苗与黄瓜自根苗均发生气孔抑制现象,但嫁接苗较自根苗保持相对较高的气孔导度和光合同化效率,产生较少的过刺激能,光合器官的伤害程度降低,因而有较强适应低温的能力。在砧木的选择上,通常以黑籽南瓜和白籽南瓜作为砧木。前人已经用大量的试验证明了 2 种嫁接黄瓜在抵御低温逆境方面有较好的表现^[4-6],但是大多数低温逆境研究都集中在了气温上,有关地温对不同嫁接黄瓜生长发育影响的科学研究甚少。地温低不仅影

响了黄瓜水分的吸收和矿物质代谢,还制约着光合作用和呼吸作用的正常运行。WALKER^[7]的研究表明,根系温度变化 1 ℃就能引起植物生长的明显变化。孙兆法等^[8]的研究表明,适宜的根区温度能加快一品红的发育进程,并显著提高盆花品质,使开花时的枝长、株高、花径、冠幅、苞片面积、商品率显著提高。廉勇等^[9]在不同根区温度对辣椒幼苗生长及光合参数的影响中发现,与适温处理(CK)相比,亚适温和低温处理降低了辣椒幼苗叶片 SPAD 值、光合速率、蒸腾速率和胞间 CO₂ 浓度。

因此,该试验模拟不同地温来探究地温对 2 种嫁接黄瓜生长发育的影响,旨在探明在北方地区适合栽培的嫁接黄瓜的砧木品种,同时为日光温室的黄瓜栽培提供地温控制的理论与实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试嫁接黄瓜的砧木分别为生产实践中经常用到的黑籽南瓜(辽宁省凌海市农光种业有限公司)、白籽南瓜(北京硕源种子有限公司),接穗为“津优 35 号”。其中以黑籽南瓜为砧木嫁接的黄瓜以下简称“黑籽”,以白籽南瓜为砧木嫁接的黄瓜以下简称“白籽”。

1.2 试验方法

试验于 2015 年 4 月在内蒙古农业大学教学基地的日光温室内进行,4 月 3 日开始育苗,4 月 10 日当南瓜的第 1 片真叶刚平展,而接穗的子叶完全平展时用劈接法进行嫁接。于 5 月 6 日在嫁接苗缓苗后开始进行温度处理。试验设适温(CK:18~20 ℃)、亚适温

第一作者简介:孙世军(1988-),男,博士研究生,研究方向为设施园艺及抗性生理。E-mail:sunshijun@163.com.

责任作者:崔世茂(1961-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为设施园艺及抗性生理。E-mail:cuishimao@sina.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31060269);教育部博士点基金资助项目(20101515110005);内蒙古研究生科研创新重点资助项目(B20151012904Z)。

收稿日期:2016-07-21

(13~15℃)、低温(8~10℃)3个地温处理梯度,每处理重复3次,在经过连续处理50d后,在黄瓜结果期测量各项指标。低地温处理方法:在密封的泡沫箱(60cm×35cm)顶部切割出略小于花盆直径大小的圆,将种有黄瓜的花盆放在泡沫箱的圆上,花盆上面铺设湿润的干草,泡沫箱里面放置冻好的冰袋(碧云天,250mL)。每次将花盆挪开,置换冰袋,每天3次,分别是08:00、12:00和17:00。前期的预试验证明,要想达到低温处理需要放置20个冰袋,亚适温处理需要放置12个冰袋,适温处理需要放置4个冰袋,但是因为天气不断的转暖,所以每隔5d就需要重新调整冰袋个数来满足温度需求,在6月25日时,低温处理需要放置30个冰袋,亚适温处理需要放置20个冰袋,适温处理需要放置12个冰袋。

1.3 项目测定

1.3.1 形态指标的测定 地温测定采用ZDR-20温湿度记录仪测定。各处理结束后,用米尺测量黄瓜的株高(从嫁接部位到生长点)、叶片(自上向下第3片叶)的长和宽,叶面积 $=14.61-5L+0.94L^2+0.47W+0.63W^2-0.62LW$ (L :叶长, W :叶宽),用游标卡尺测量幼苗的茎粗,同时记录好叶片数,干质量:在105℃下杀青15min,75℃下烘干称重,每个指标重复取3株。

1.3.2 光合指标的测定 各处理结束后,从每处理中选取最新完全展开的健康功能叶(自上向下第3片叶),利用LI-6400光合仪在晴天的09:30—11:30,测量黄瓜的净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度和气孔导度,每张叶片重复测量5次,取平均值。同样用SPAD-502叶绿素仪(柯尼卡美能达,日本)测定黄瓜叶片(自上向下第3片叶)的SPAD值,每张叶片重复5次,取平均值。

1.4 数据分析

利用WPS办公软件进行数据的整理和表格的绘制,方差分析采用SAS软件的ANOVA过程处理。

2 结果与分析

2.1 试验期间气温和地温的变化

由图1可知,在试验期间,各地温处理的平均温度都在试验设置的温度范围内波动。其中适温(CK)的地温在最低18.1℃,最高在19.6℃。亚适温处理的地温最低在13.2℃,最高在14.5℃,低温处理的地温最低在8.1℃,最高在9.6℃。气温是不断地升高,最低气温是19.8℃,最高气温是26.7℃。

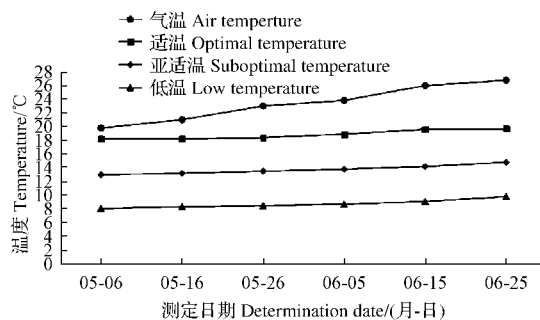


图1 试验期间气温和地温的变化

Fig. 1 Changes of temperature and root zone temperature in treatment stage

2.2 不同根区温度处理对黄瓜生长形态的影响

由表1可以看出,随着根区温度由高到低的变化,无论是“黑籽”还是“白籽”嫁接苗,其在低温和亚适温条件下,幼苗的株高、茎粗、叶面积和叶片数与适温(CK)条件下相比存在差异显著或极显著水平。说明随着根区温度的降低,影响了幼苗地上部的生长。而且2种不同的嫁接苗之间也存在着一定的差异。“黑籽”和“白籽”在适温、亚适温和低温的处理条件下,株高都存在着极显著差异,而在适温和亚适温处理条件下,二者的叶面积和叶片数不存在显著差异,但是与低温处理条件下相比均存在极显著差异。“黑籽”的茎粗在3个温度处理条件下均不存在显著差异,但是“白籽”的茎粗在适温和低温条件处理下存在显著差异。

表1 不同根区温度对黄瓜营养生长的影响

Table 1 Effect of different root zone temperature on growth of grafting cucumber

处理 Treatment	株高 Plant height/cm		茎粗 Stem diameter/mm		叶面积 Leaf area/cm ²		叶片数 Number of leaves/个	
	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”
适温 Optimal temperature	71.3±2.7A	64.2±1.7A	6.3±0.8a	6.3±0.5a	96.4±6.1A	94.1±4.2A	11.4±0.3A	10.2±0.4A
亚适温 Suboptimal temperature	62.5±1.8B	54.1±2.3B	6.2±0.6a	6.0±0.2ab	91.6±4.0A	87.3±4.8A	10.8±0.8A	8.7±0.5A
低温 Low temperature	43.7±2.1C	38.6±2.5C	5.8±0.2a	5.5±0.3b	78.2±3.6B	72.5±4.1B	8.4±0.2B	6.9±0.5B

注:同列数据后大、小写字母分别表示差异达极显著($P<0.01$)和显著($P<0.05$)水平。下同。

Note: Different capital letters in the same column mean very significant difference ($P<0.01$) and different lowercase letters mean significant difference ($P<0.05$). The same below.

2.3 不同根区温度对黄瓜干物质积累的影响

由表2可以看出,不同的根区温度条件下,2种嫁接苗的地上部干质量、地下部干质量、全株干质量和根冠比上存在着差异。随着根区温度的降低,地上部干质量、全株干质量逐渐降低,而地下部干质量、根冠比逐渐

升高。由此可以说明,根区温度影响了嫁接黄瓜干物质的积累,根区的降温处理刺激了根的抗寒性,能量代谢水平提高使更大比例的干物质向根系分配,从而使其生长量增加。适温和亚适温处理相比,“黑籽”和“白籽”的地上部干质量、地下部干质量、全株干质量和根冠比差

异均不显著。适温和低温的处理条件相比,“黑籽”和“白籽”的地上部干质量存在极显著差异,地下部干质量、全株干质量和根冠比则存在显著差异。同一温度处理条件下,“黑籽”的干物质积累量要高于“白籽”的干物

质积累量。说明“黑籽”在低温抗逆性上要优于“白籽”,更多的干物质开始储存在地下部,以缓解根区低温逆境,维持根部进行一定的生理活动,所以表现出相对较强的耐低温生长能力。

表 2 不同根区温度对黄瓜干物质积累的影响
Table 2 Effect of different root zone temperature on growth of grafting cucumber

处理 Treatment	地上部干质量 Aboveground dry weight/g		地下部干质量 Underground dry weight/g		全株干质量 Whole plant dry weight/g		根冠比 Root-shoot ratio	
	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”
适温 Optimal temperature	5.08±0.30A	4.95±0.26A	0.94±0.12b	0.86±0.11b	6.02±0.32a	5.81±0.37a	0.18±0.02b	0.17±0.05b
亚适温 Suboptimal temperature	4.65±0.16A	4.54±0.30AB	1.12±0.10ab	1.05±0.10ab	5.77±0.26a	5.59±0.40ab	0.24±0.06ab	0.23±0.04ab
低温 Low temperature	3.82±0.21B	3.68±0.35B	1.23±0.16a	1.14±0.18a	5.05±0.37b	4.82±0.53b	0.32±0.05a	0.30±0.04a

2.4 不同根区温度对黄瓜 SPAD 值的影响

由表 3 可以看出,随着根区温度的降低,黄瓜幼苗叶片 SPAD 值逐渐降低,适温和亚适温条件下“黑籽”和“白籽”的 SPAD 值呈显著性差异。适温和低温条件下,“黑籽”和“白籽”的 SPAD 值分别呈现显著性和极显著性差异。亚适温和低温处理下“黑籽”的 SPAD 值差异不显著,但“白籽”的 SPAD 值呈极显著差异。由此可以说明,低温逆境对“白籽”叶绿素含量的影响要比“黑籽”的明显,低温逆境限制了叶绿素的合成,加剧了叶绿素的降解,从而造成叶绿素总含量降低,光合作用受阻,光合产物减少,这也导致了植物体的形态指标受到影响。

2.5 不同根区温度对黄瓜叶片光合参数的影响

从表 4 可以看出,随着根区温度的降低,嫁接黄瓜叶片的净光合速率、蒸腾速率、胞间 CO₂ 浓度和气孔导度都呈下降趋势。其中低温处理与适温(CK)处理相比,2 种嫁接黄瓜的净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度和蒸腾速率在 2 种温度处理下均达到了极显著水平。

由此可以得出,较低的根区温度降低了幼苗的蒸腾速率,蒸腾拉力的降低直接抑制了根区水分和矿质元素的吸收和向上运输,再加上根区温度还降低胞间 CO₂ 浓度,造成光合原材料的供应不足,气孔导度的降低致使光合底物的传导能力减弱,这些影响都迫使净光合速率的降低,造成同化物积累量的下降,使植株的生长势减弱和干物质积累减少。另外“黑籽”的光合参数相对高于“白籽”,这说明“黑籽”能耐低温的能力相对较强,能在较低温度条件下进行一定的光合活动。

表 3 不同根区温度对黄瓜 SPAD 值的影响

Table 3 Effect of different root zone temperature on SPAD value of grafting cucumber

处理 Treatment	“黑籽”	“白籽”
适温 Optimal temperature	44.6±2.1a	48.4±2.2A
亚适温 Suboptimal temperature	41.3±1.6ab	43.3±2.5A
低温 Low temperature	38.4±2.8b	36.3±1.8B

表 4 不同根区温度对黄瓜光合参数的影响

Table 4 Effect of different root zone temperature on photosynthetic parameters of grafting cucumber

处理 Treatment	净光合速率 Photosynthetic rate /($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		蒸腾速率 Transpiration rate /($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)		胞间 CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ concentration /($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$)		气孔导度 Stomatal conductance /($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	
	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”	“黑籽”	“白籽”
适温 Optimal temperature	16.45±0.46A	15.47±0.43A	11.61±0.21A	11.02±0.35A	281.17±5.34A	276.51±6.18A	0.56±0.03A	0.52±0.02A
亚适温 Suboptimal temperature	14.52±0.67B	13.61±0.45B	9.81±0.36B	9.16±0.28B	260.45±5.25B	252.39±8.32B	0.43±0.02B	0.38±0.05B
低温 Low temperature	11.34±0.38C	9.56±0.81C	7.12±0.22C	6.89±0.29C	247.34±7.33B	238.73±5.37B	0.38±0.03B	0.22±0.03C

3 讨论与结论

植物体是由各种器官组成的统一整体,各种器官虽然在形态结构及功能上不同,但是它们的生长是相互制约又相互依赖的,即通常所说的相关性^[10],那么地上部和地下部作为植物体的 2 个部分也具有相关性,地下部的根系是植物吸收水分和养分的主要器官,地上部则为根系的生长提供所需的糖类、维生素等物质。嫁接苗在生产上的成功应用也正是得益于砧木的根系深、吸收能力强,能为地上部的生长提供更多的水分和养分^[11]。而且嫁接苗还能在感受温度胁迫的情况下,维持一定的吸

收能力,MASUDA 等^[12]的研究表明,以黑籽南瓜为砧木的黄瓜嫁接苗,在低温下根系吸收养分与水分能力显著强于自根苗。当植物遭受温度逆境胁迫时,植物的根系对温度要比地上部敏感的多^[13],根系一方面通过调节自身的生长来抵御逆境,一方面产生逆境信号,并上传导,进而遥控地上部的生长发育,王丽丽等^[14]的研究表明,低地温条件下可以促进黄瓜叶片内 GA₃ 和 IAA 的合成,由此可见根系在植物生长和抵御低温逆境方面即是关键器官又起着重要的作用,这也正是该研究切入点。该试验的研究表明,经过一段时间的地温处理以

后,2种嫁接苗地上部的生长势、地下部的干质量、全株干质量和根冠比都明显降低,在同一温度条件下,“黑籽”的各项生长指标都高于“白籽”。闫秋艳等^[15]的研究表明,相同的地上部分条件下,10℃土壤低温便对黄瓜产生了很大的生长影响,降低了黄瓜的生长势,根、茎、叶干物质积累明显小于加温后的土壤。AWAL等^[16]研究表明,根区温度从12℃增加到25℃,根系供应水分和养分的功能得到显著地提高,同时也减小了根冠比。于贤昌等^[17]的研究表明,砧木苗黑籽南瓜生长和抗冷性优于新土佐。因此该试验的研究结果与闫秋艳等^[15]的基本一致。

该试验研究结果还表明,黄瓜幼苗叶片的SPAD值、净光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂浓度和气孔导度都与根区温度呈现正相关。随着根区温度的降低,这些光合指标也呈降低趋势,与此同时“黑籽”的光合指标也要高于“白籽”。李志英等^[18]的研究表明,经过一段时间的土壤低温处理以后,叶绿素含量减少,光合速率、蒸腾速率和气孔导度降低,但是胞间CO₂浓度明显增加。这与该试验的研究结果胞间CO₂浓度降低相矛盾,究其原因可能是由于试验材料处在不同生育期,杨泽粟等^[19]研究结果表明,不同生育期,同一土壤温度对同一生理指标的影响不同,胞间CO₂浓度与土壤温度呈二次曲线关系。

该试验研究表明,不同的根区温度对嫁接黄瓜的生长和光合参数的影响比较显著。当根区温度处于适温(CK;18~20℃)时,黄瓜能表现出较为正常的生长发育。当根区温度低于亚适温(13~15℃)时便会显著地抑制黄瓜的正常生长,降低黄瓜的SPAD值、净光合速率、蒸腾速率、胞间CO₂浓度、气孔导度。当根区温度处于低温(8~10℃)时,其对黄瓜生长产生的影响更为明显。所以适当的提高地温,对早春茬和越冬茬黄瓜的生产能起到很大的作用。

另外无论在适温条件下还是亚适温和低温条件下,“黑籽”的各项指标都要高于“白籽”。尤其当遇到低地温逆境时,“黑籽”能更好的抵御低地温逆境的胁迫作用。

参考文献

- [1] ROSENTHAL R N, WOODBRIDGE C G. Root temperature and nutrient levels of chrysanthemum shoots[J]. HortScience, 1973, 8(1): 26-27.
- [2] 李志鑫. 日光温室嫁接黄瓜与自根黄瓜对温度胁迫的生理应答反应[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [3] 胡春梅, 朱月林, 杨立飞, 等. 低温条件下黄瓜嫁接株与自根株光合特性的比较[J]. 西北植物学报, 2006(2): 247-253.
- [4] 田雪梅. 不同砧木对嫁接黄瓜耐低温弱光和耐盐性的影响研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [5] 鄯丽娟, 齐铁权, 苏俊坡, 等. 低温弱光对不同砧木嫁接黄瓜幼苗生理特性的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2008(10): 68-72.
- [6] 李欣, 刘福春, 王君, 等. 低温胁迫下不同砧木嫁接黄瓜幼苗保护酶活性的比较[J]. 安徽农业科学, 2011(4): 1956-1958.
- [7] WALKER J M. One degree increments in soil temperature affect maize seedling behavior[J]. Pro Soc Soil Sci Amer, 1969, 33: 729-736.
- [8] 孙兆法, 李梅, 翟晓灵, 等. 根区加温对一品红生长发育和盆花品质的影响[J]. 西北农业学报, 2006(6): 179-182.
- [9] 廉勇, 崔世茂, 包秀霞, 等. 不同根区温度对辣椒幼苗生长及光合参数的影响[J]. 北方园艺, 2014(15): 43-45.
- [10] 李合生. 现代植物学生理[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [11] 曾义安. 黄瓜嫁接优势的生理机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2004.
- [12] MASUDA M, GOMI K. Mineral absorption and oxygen consumption in grafted and non-grafted cucumber[J]. J Jpn Soc Sci, 1984, 52(4): 414-419.
- [13] YU J Q, ZHOU Y H, HUANG L F, et al. Chill-induced inhibition of photosynthesis: genotypic variation within *Cucumis sativus* [J]. Plant and Cell Physiology, 2002, 43: 1182-1188.
- [14] 王丽丽, 于锡宏. 低地温对黄瓜幼苗内源GA₃和IAA含量的影响[J]. 北方园艺, 2004(3): 44-45.
- [15] 闫秋艳, 段增强, 李汛, 等. 根区温度对黄瓜生长和土壤养分利用的影响[J]. 土壤学报, 2013(4): 752-760.
- [16] AWAL M A, IKEDA T, ITOH R. The effect of soil temperature on source/sink economy in peanut (*Arachis hypogaea*) [J]. Environmental and Experimental Botany, 2003, 50(1): 41-50.
- [17] 于贤昌, 邢禹贤, 马红, 等. 不同砧木与接穗对黄瓜嫁接苗抗冷性的影响[J]. 中国农业科学, 1998, 31(2): 41-47.
- [18] 李志英, 卢育华, 徐立. 土壤低温对嫁接黄瓜生理生化特性的影响[J]. 园艺学报, 1998(3): 51-56.
- [19] 杨泽粟, 张强, 郝小翠, 等. 半干旱雨养地区春小麦气孔导度和胞间CO₂浓度对环境因子的响应[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(33): 20-27.

Effect of Different Root Zone Temperature on Growth and Photosynthetic Parameters of Grafting Cucumber

SUN Shijun, CUI Shimao, SONG Yang, FU Chongyi, PAN Lu, SUN Qian

(College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

Abstract: Taking the figleaf gourd and pumpkin (*Cucurbita maxima* × *Cucurbita moschata*) as root stocks, ‘Jinyou No 35’ cucumber as scion, the effect of different root zone temperature conditions (optimal temperature (CK) (18—20℃), suboptimal temperature (13—15℃), low temperature (8—10℃) on the growth and photosynthesis indexes were studied. The results showed that, compared with optimal temperature (CK), low and suboptimal temperature produced a significant inhibition on growth of cucumbers. The plant height, stem diameter, leaf area, number of leaves, shoot dry

基于主成分分析的水培芹菜最佳钾浓度筛选

乔 源, 胡笑涛, 王 瑞, 张 栋

(西北农林科技大学, 旱区农业水土工程教育部重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:钾(K)元素是营养液中的大量元素之一, K 浓度会影响水培芹菜的品质、产量、各元素的吸收利用。该试验以“四季香毛”芹菜为试材, 基于植物工厂水培芹菜试验, 利用主成分分析的多元统计方法分析了 K 浓度为 2、3、4、5、6 mmol·L⁻¹ 的营养液配方对芹菜产量、品质、主要营养元素利用效率及水分利用效率的影响。结果表明: 5 mmol·L⁻¹ 处理产量显著高于其它处理; 6 mmol·L⁻¹ 处理硝酸盐含量最低、维生素 C 含量最高; 营养液水分利用效率最高的处理是 3 mmol·L⁻¹, 所有元素的利用效率均在 K 浓度较低时比较高; 对产量、品质、主要营养元素利用效率和水分利用效率进行主成分分析, 提取 2 个主成分, 贡献率达到 89.36%, 具有一致的代表性, 计算综合得分, 6 mmol·L⁻¹ 处理最高, 为 2.008。因此适合芹菜水培的山崎配方营养液最佳 K 浓度应提高到 6 mmol·L⁻¹, 有利于提高产量和元素利用效率并改善芹菜品质。

关键词:水培芹菜; K 浓度; 利用效率; 主成分分析

中图分类号:S 636.304⁺.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0005-06

营养液栽培是指将植物根系直接与营养液接触而进行的生产方式, 具有充分利用空间、经济效益高、同时能解决蔬菜淡季供应不足等优点, 成为蔬菜供应的一种新方式。芹菜属伞形科草本植物, 含有多种营养成分, 在已知蔬菜中芹菜的铁含量处于最高水平, 同时具有很高的药用价值^[1]。国内外研究者对营养液栽培的研究大都集中于生菜方面的研究, 鲜有芹菜研究的相关报道。王芳等^[2]通过田间试验研究了不同供钾(K)水平对芹菜产量、品质 and 经济效益的影响, 得出适宜当地芹菜的施 K 量; 张泽彦等^[3]对芹菜施用不同量的硫酸锌, 表明施锌显著提高了芹菜各部位糖和维生素 C 的含量; 周娅等^[4]通过田间试验研究了氮肥品种组合及不同肥料配施对芹菜生长和硝酸盐含量、芹菜产量和品质的影

响, 得出了产量最高的肥料配比方式; 刘明月等^[5]采用三因素五水平通用旋转组合设计, 对氮(N)、磷(P)、钾(K)施用量与芹菜硝酸盐积累和产量的相关性进行了研究, 得出了无土栽培芹菜 N、P、K 最优组合方案; 桑连海等^[6]、张玲玲等^[7]对芹菜净化作用与环境效益做了相关研究。前人对芹菜产量、品质的研究主要集中于大田试验, 对水培芹菜的研究多集中于环境效益方面。主成分分析是把多个指标化为少数几个综合指标的统计分析方法。它通过提取的几个综合因子来代表原始众多的变量, 而且变量彼此之间互不相关, 因此能够实现用较少指标来反映原来众多指标的主要信息, 因而在许多领域的综合评价中被广泛应用^[8]。基于此, 该试验以自然光温室水培芹菜试验数据为基础, 对产量、维生素 C、硝酸盐、可溶性蛋白质、可溶性糖及各元素利用效率等评价指标进行主成分分析, 从而获取适宜芹菜水培的营养液中氮含量。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在西北农林科技大学旱区农业水土工程教育

第一作者简介:乔源(1990-), 男, 硕士研究生, 研究方向为农业水土工程。E-mail: 348328595@qq.com.

责任作者:胡笑涛(1972-), 男, 博士, 教授, 现主要从事节水灌溉理论与技术等研究工作。E-mail: huxiaotao11@nwsuaf.edu.cn.

基金项目:国家“863”计划资助项目(2013AA103004)。

收稿日期:2016-07-21

weight were all reduced, but root dry weight, root shoot ratio all increased, which the inhibition of low temperature was more significant. Low and suboptimal temperature also reduced SPAD value, net photosynthetic rate, transpiration rate, intercellular CO₂ concentration, stomatal conductance of the grafted cucumber. And there were differences between different grafting, figleaf gourd at low temperature was better than the pumpkin on the performance.

Keywords: root zone temperature; grafted cucumber; growth characteristics; photosynthetic parameters