

doi:10.11937/bfyy.20170340

不同栽培模式条件下草莓生长发育特性比较

吴杨焕, 门雪杰, 周进, 刘娜, 王静静, 陈芳

(新疆生产建设兵团第六师农业科学研究所, 新疆 五家渠 831301)

摘要:以“章姬”(ZJ)“红颜”(HY)“甜查理”(TCL)3个草莓品种为试材,设置2种栽培模式,分别是立架栽培模式(L)、栽培槽模式(C),每隔5 d对草莓的生育期进行观察记录,在草莓的现蕾期、盛花期和果实成熟期测量株高、叶柄长度、叶片数、冠径比、叶面积以及SPAD值,并从第1个草莓果实成熟开始至草莓生产期结束,测定草莓产量,通过设置不同种植模式和草莓品种,找出较适合于新疆地区草莓无土栽培的模式及品种,为当地草莓无土栽培生产奠定基础。结果表明:栽培槽模式和立架栽培模式相对常规种植生产模式,其株距虽然不变,但总体密度有所增加,提高了空间利用率;并且在相同种植面积内,立架栽培模式可有效增加单位面积内草莓株数以及单果质量,同时,立架栽培较栽培槽模式的草莓产量及果实品质有明显提高,同时草莓叶面积指数与产量之间符合二次曲线关系,且相关性较好;立架栽培模式草莓叶片SPAD值、产量及其品质优于栽培槽模式。

关键词:立架栽培;叶面积指数;物候期;SPAD

中图分类号:S 668.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)16-0013-06

草莓(*Fragaria ananassa* Duch)属蔷薇科(Rosaceae)草莓属(*Fragaria*)多年生植物,外观呈心形,鲜美红嫩,果肉多汁,含有特殊的浓郁水果芳香,是一种营养极其丰富的红色浆果。相关研究表明,草莓属于耐阴植物,可能更适于生长于光照不强的温室大棚中^[1],温室可以根据实际环境条件及作物的生长发育状况对温光进行调控,有利于作物生长。温室种植草莓的供应期可以从第一年的12月一直到翌年5月,口感柔软多汁,正好填补了果品的淡季市场,为满足日益增长的早春草莓生产的需求,草莓栽培模式越来越多样化。

设施无土栽培是当今世界上一项先进的人工调控栽培技术,设施无土栽培相比传统土壤栽培模式而言,无土栽培模式可有效克服传统露地草莓栽培种植过程中存在的问题,一是土地利用效率较低;二是人工作业舒适度不高;三是重茬病虫害严重。而随着我国设施无土栽培事业的发展,除了依靠引进先进的栽培设施和管理方法外,结合新疆地区农业的实际情况,确定出适合的无土栽培模式相配套的管理措施更为重要。该研究通过对引进草莓品种的不同栽培模式进行对比试验,旨在筛选出适合新疆五家渠地区的抗病、优质、高产、高效的草莓品种以及适宜的无土栽培模式,为新疆地区草莓无土栽培生产奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试草莓品种分别为“红颜”(HY),日本静冈县育成;“章姬”(ZJ),日本静冈县育成;“甜查理”(TCL),美国草莓早熟品种;2015年于新疆五家渠共青团农业科技园区引进新的立架栽培模式

第一作者简介:吴杨焕(1990-),男,硕士,助理研究员,研究方向为农业信息化与精准农业。E-mail:52331015@qq.com.

责任作者:周进(1970-),男,本科,高级农艺师,研究方向为设施农业。E-mail:571349271@qq.com.

基金项目:新疆生产建设兵团师域计划资助项目(2015AF015);新疆生产建设兵团第六师科技攻关计划资助项目(1305)。

收稿日期:2017-04-17

表 1

草莓特性

Table 1

Characteristics of strawberry varieties

品种	株型	一级序果平均质量	最大果质量	休眠期	抗病性	667 m ² 产量
Varieties	Plant architecture	Average weight of first order fruit/g	Maximum fruit weight/g	Dormant period	Disease resistance	Yield of 667 m ² /kg
“章姬”	开张	40	130	浅	良好	≥2 000
“红颜”	开张	40	130	浅	良好	≥2 000
“甜查理”	半开张	28	60	浅	良好	2 800~3 000

一套;各品种特性见表 1。

1.2 试验方法

1.2.1 试验棚概况

新疆五家渠共青团农业科技园区位于位于共青团农场,温室坐北朝南,草莓种植采用立架无土栽培模式和栽培槽无土栽培模式 2 种,立架栽培采用 A 字架形式(图 1),栽培槽长×宽为 50 cm×25 cm,无土栽培基质为草炭、蛭石和珍珠盐按 2:1:1 比例配制而成^[2],其容重为 0.225 g·cm⁻³,pH 6.89,EC 值 1.11 mS·cm⁻¹。

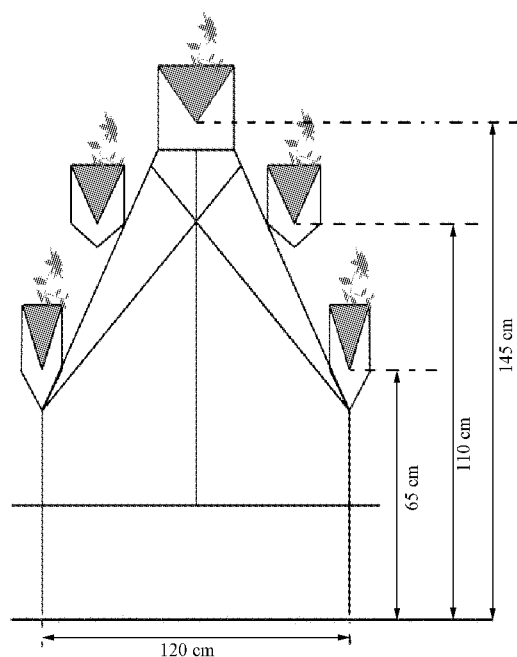


图 1 “A 字架”结构

Fig. 1 The frame structure ‘A’

1.2.2 试验设计

试验采用裂区设计,品种为主区,种植模式为裂区,3 次重复,每个重复为 1 个小区,栽培槽模式:每个小区宽 1.5 m,长 6 m,草莓株距 20 cm,小区草莓种植密度 1 hm² 为 10.671 9 万株;立架栽培模式:每个小区 1.5 m,长 6 m,草莓株距 20 cm,

小区草莓种植密度 1 hm² 为 16.674 9 万株。草莓品种“红颜”(记为 HY)、“章姬”(记为 ZJ)、“甜查理”(记为 TCL);种植模式分为立架栽培(记为 L)和栽培槽种植(记为 C)2 种。2 栽培模式均为南北走向种植,草莓定植时间为 2015 年 10 月 31 日。

1.3 项目测定

1.3.1 物候期调查

从草莓定植开始,每个品种选择植株生长势较为一致的 20 株进行观察,每 15 d 观察 1 次,详细记录每次观察植株所处的时期:始花期、终花期、始收果期、盛果期、终收期。

1.3.2 植物学性状

在草莓的现蕾期、盛花期和果实成熟期在各小区随机选取 5 株(重复 3 次)测量株高、叶柄长度、叶片数、冠径比以及叶面积,叶面积参照陈秀娟等^[3]的测量方法。在开花盛期和果实成熟期,在各小区随机选取 5 株(重复 3 次)测量各株开花数和坐果数量。

1.3.3 生物学性状

主要测定各处理的 SPAD 值、可溶性固形物含量、可滴定酸含量和维生素 C 含量,SPAD 值使用 SPAD-502 叶绿素仪对草莓功能大叶进行测定,每个叶片测 3 个位点,取平均值;在草莓始果期,可溶性固形物含量采用 WYT 型手持式折仪测定,采用 NaOH 中和滴定法^[3]测定可滴定酸含量,采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[4]测定维生素 C 含量。

1.3.4 测定产量

先测定小区单株结果数,方法为小区内随机选取 10 株,测定单株结果数(重复 3 次),测定草莓平均单果质量;从每个小区中随机选取 10 株并挂牌标记,从第 1 个草莓果实成熟开始至草莓生长期结束,每隔 5 d 采成熟的草莓进行称量,并测定其平均单果质量,产量以每小区内单株产量计算,再算成单位产量,最后小区草莓产量计算公式

为:小区产量=小区株数×单株结果数×平均单果质量(g)。

1.3.5 草莓感官品质的差异分析

采用评分法^[5]进行测定。选择口感(25分)、甜度(25分)、硬度(25分)和香味(25分)4个感官品质进行评定,评定者人数为10人,其中评定者的年龄结构为20~30岁3人,30~40岁3人,40~50岁4人。评定时,先选取果色一致,大小一致的草莓若干,将各处理草莓编号,后随机发放给评定者进行品尝,品尝完一个处理后先漱口,再继续品尝下一处理,直至将所有处理品尝完毕后,取平均分进行方差分析。

1.4 数据分析

用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据整理,用 SPSS 16.0 软件进行 LSD 法差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 种植模式对草莓物候期的影响

不同栽培模式下,3个品种草莓到生长至现蕾期和始花期立架栽培模式所需天数>栽培槽栽培模式所需天数,但最终至始果期时,立架栽培所需天数<栽培槽栽培模式所需天数;不同种植模式对草莓各物候期有显著影响(表2),立架栽培模式条件下,“红颜”“章姬”“甜查理”所需物候期天数分别是179.33、176.00、180.33 d,栽培槽无土栽培条件下3个品种所需物候期天数分别是184.67、180.33、188.00 d,且同一品种不同栽培模式条件下至终收期所需天数均有显著性差异($P<0.05$)。

表 2 不同种植模式下草莓物候期比较

Table 2 Comparison of phenological periods of strawberry with different planting patterns

种植模式	品种	现蕾期	始花期	始果期	终收期
Planting pattern	Varieties	Squaring stage/d	Early blooming/d	Initial fruiting stage/d	Harvesting stage/d
L	HY	29.67±2.19ab	41.00±3.06ab	91.33±6.44ab	179.33±13.10c
	ZJ	22.00±1.53c	35.00±2.52b	85.00±6.11b	176.00±12.77d
	TCL	31.67±2.19a	41.00±3.06ab	96.33±6.98ab	180.33±13.10c
C	HY	31.67±2.19a	42.00±3.06ab	94.67±6.76ab	184.67±13.42b
	ZJ	25.33±1.86bc	36.00±2.52ab	82.67±6.77b	180.33±13.10c
	TCL	32.67±2.19a	44.00±3.06a	106.00±7.64a	188.00±13.75a

2.2 种植模式对草莓植物学性状的影响

不同栽培条件下同一品种的各生物学特性表现为立架栽培模式>栽培槽模式;同时,同一品种条件下,3个品种草莓在不同栽培条件下各植物学特性有差异但不显著($P>0.05$);同种栽培条件下,“红颜”与“章姬”的各植物学特性均无显著

性差异(小花数除外),但2个品种草莓的植物学特性均与“甜查理”有差异(表3)。同时,2种栽培模式下,“章姬”的株高、冠径、叶柄长度等生物学特性值均高于“红颜”和“甜查理”,但小花数较“红颜”和“章姬”相对较少,并且“甜查理”小花数在2种栽培模式下均显著多于“红颜”和“章姬”(表3)。

表 3 不同种植模式下草莓植物学特性比较

Table 3 Comparison of botanical characteristics of strawberry with different planting patterns

种植模式	品种	株型	株高	冠径	叶柄长度	叶面积	小花数	匍匐茎数量
Planting pattern	Varieties	Plant architecture	Plant height/cm	Canopy diameter/cm	Petiole length/cm	Leaf area /cm ²	Floret number/个	Number of creeping stem
L	HY	直立	20.11±0.88a	32.16±1.41abc	12.86±0.56a	42.42±1.86ab	4.29±0.19c	多
	ZJ	直立	21.02±0.92a	32.17±1.58a	13.40±0.59a	45.90±2.00a	3.22±0.14d	多
	TCL	直立	10.97±0.48b	28.40±1.24cd	8.90±0.39b	32.06±4.40c	6.43±0.28a	较多
C	HY	直立	18.90±0.83a	30.23±1.32bcd	12.09±0.53a	39.88±1.74b	3.22±0.14b	多
	ZJ	直立	19.75±0.86a	33.95±1.49ab	12.59±0.55a	43.15±1.89ab	3.22±0.14b	多
	TCL	直立	10.31±0.45b	26.7±1.17d	8.36±0.37b	30.14±1.32c	5.36±0.23a	较多

2.3 种植模式对不同草莓品种叶绿素含量的影响

由表4可以看出,不同栽培模式对草莓各物

候期的叶绿素含量(SPAD)有显著影响,但2种栽培模式条件下,3个草莓品种均在始花期时SPAD值达到最大,而后至终收期降至最低,即2

种栽培模式 3 个草莓品种 SPAD 值均在整个物候期内呈现先增加后降低的趋势。同时,在整个生育阶段,立架栽培模式的 3 个草莓品种的

SPAD 值均高于栽培槽模式。同时,2 种栽培模式下 3 个品种草莓的 SPAD 值表现为:“甜查理”>“章姬”>“红颜”。

表 4 种植模式对不同草莓品种不同生育期叶绿素含量的影响(SPAD 值)

Table 4 Effects of different planting patterns on SPAD in different growth stages of strawberry

种植模式 Planting pattern	品种 Varieties	现蕾期 Squaring stage/d	始花期 Early blooming/d	始果期 Initial fruiting stage/d	终收期 Harvesting stage/d
L	HY	34.18±2.07ab	42.20±2.56ab	36.71±2.23ab	35.45±2.15bc
	ZJ	35.69±1.66ab	44.07±2.05ab	39.66±1.85ab	38.78±1.81abc
	TCL	37.02±1.91ab	45.70±2.36ab	41.59±1.25ab	40.67±0.10ab
C	HY	32.10±1.30b	39.63±1.60b	34.48±1.39b	33.29±1.35c
	ZJ	32.64±2.22b	40.30±2.74b	36.27±2.47ab	35.46±2.41bc
	TCL	39.93±4.01a	49.30±4.95a	44.86±4.51a	43.88±4.41a

2.4 不同种植模式对草莓果实品质的影响

立架栽培模式条件下的草莓果实品质明显高于栽培槽模式条件下的草莓品质。在不同栽培模式条件下,同一品种草莓的果实品质有差异但不显著(表 5, $P>0.05$)。3 个品种草莓在同一栽培模式条件下,各果实品质除固酸比无显著性差异

外,维生素 C、可滴定酸、可溶性固形物含量等果实品质指标均有显著性差异,维生素 C 含量表现为“甜查理”>“红颜”>“章姬”,可滴定酸含量表现为“章姬”>“红颜”>“甜查理”,可溶性固形物含量表现为“红颜”>“章姬”>“甜查理”,固酸比表现为“红颜”>“甜查理”>“章姬”。

表 5 不同营养液配方对草莓果实品质变化

Table 5 Effects of different planting patterns on the fruit quality of strawberry

种植模式 Planting pattern	品种 Varieties	维生素 C 含量 Vitamin C content /(mg·kg ⁻¹)	可滴定酸含量 Titrable acidity content /(g·(100g) ⁻¹)	可溶性固形物含量 Soluble solid content /%	固酸比 Solid-acid ratio
L	HY	75.46±0.99a	1.83±0.09ab	9.23±0.37a	5.76±0.33a
	ZJ	57.28±1.14b	2.03±0.13a	8.93±0.47ab	4.73±0.35a
	TCL	78.55±1.32a	1.41±0.08c	8.11±0.45bc	5.52±0.42a
C	HY	74.54±1.02a	1.63±0.10bc	8.97±0.36ab	5.73±0.45a
	ZJ	57.89±1.85b	1.77±0.07ab	7.96±0.26bc	4.68±0.39a
	TCL	74.94±1.87a	1.41±0.08c	7.31±0.28c	5.31±0.40a

2.5 不同种植模式对草莓感观品质的影响

草莓感观品质并不因种植模式的不同而有显著性差异($P<0.05$),造成草莓感观品质差异的原因主要是因为品种(表 6)。但 2 种栽培模式条件下,3 个品种草莓品种感观品质综合分数表现均为“红颜”>“章姬”>“甜查理”,且立架栽培的

感观品质综合分数较栽培模式要略高,其中“红颜”在 2 种栽培模式条件下感观得分最高,分别为 67 分和 62 分。在立架栽培模式条件下,“甜查理”观感品质得分较差,主要由于口感及香味 2 种感观品质较差;在栽培槽栽培模式条件下,“甜查理”主要是由于‘硬度’感观品质较差。

表 6 不同种植模式条件下草莓感观品质比较

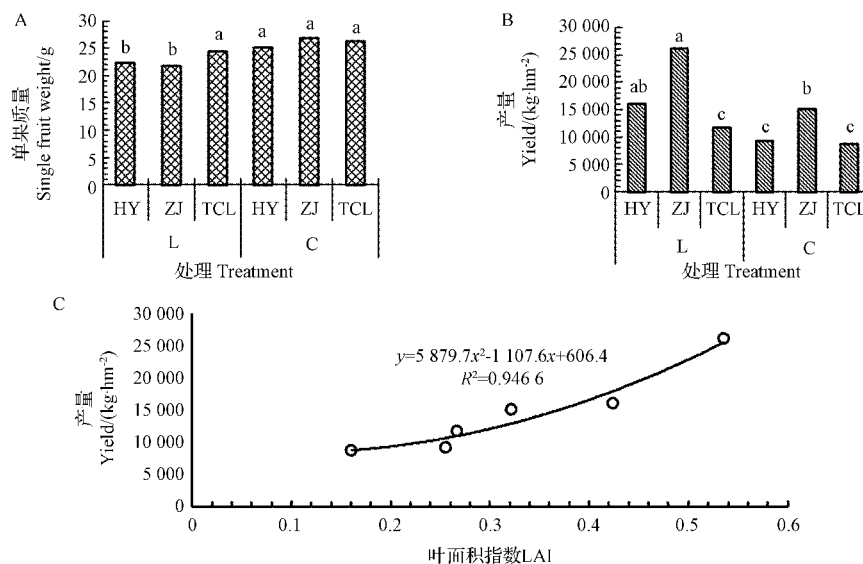
Table 6 Comparison of sensory quality of strawberry under different planting patterns

种植模式 Planting pattern	品种 Varieties	口感 Textures	甜度 Sweetness	硬度 Hardness	香味 Aroma	综合分数 Comprehensive evaluation score
L	HY	15±3.16a	17±3.74a	19±2.45a	17±2.00a	67±6.63a
	ZJ	17±2.00a	17±2.00a	15±3.16a	15±0.00a	64±4.00a
	TCL	13±3.74a	17±3.74a	17±2.00a	13±2.00a	59±7.48a
C	HY	17±3.74a	15±0.00a	19±4.00a	11±4.00a	62±8.60a
	ZJ	19±2.45a	17±2.00a	19±2.45a	11±2.45a	66±6.78a
	TCL	15±0.00a	15±0.00a	13±2.00a	11±2.45a	54±2.45a

2.6 不同种植模式下草莓产量的差异性及其与叶面积指数的关系

由图 2 可以看出,“红颜”“章姬”的单果质量在不同栽培模式条件下有显著性差异,“甜查理”单果质量在不同栽培模式条件下无显著性差异($P>0.05$);同时,相同品种在不同栽培模式下产量差异显著。“红颜”“章姬”“甜查理”3 个品种草莓在立架栽培模式条件下,其单果质量分别是 22.37、21.73、24.32 g,在栽培槽模式条件下单果质量为 26.05、26.73、26.27 g(图 2A)。同时,“红颜”“章姬”“甜查理”3 个品种草莓在立架栽培模

式下的产量分别是 15 998.97、26 075.94、11 669.21 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,在栽培槽模式条件下为 9 185.45、15 026.94、8 608.14 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (图 2B)。同时,“红颜”“章姬”“甜查理”3 个品种草莓在立架栽培模式下的叶面积指数分别是 0.42、0.54 和 0.27,而在栽培槽模式下分别为 0.26、0.32 和 0.16,叶面积指数和草莓产量通过拟合后发现二者具有良好的线性关系,符合公式 $y = 5\,879.7x^2 - 1\,107.6x + 606.4$,相关系数 $R^2 = 0.946\,6$ (图 2C)。



注:不同小写字母表示差异达到 0.05 显著水平(多重比较法),下同。

Note: Different lowercase letters mean significant differences at 0.05 levels(LSD method), the same below.

图 2 不同种植模式产量差异及其与叶面积关系

Fig. 2 The yield difference of different planting patterns and its relationship with the leaf area

3 讨论与结论

栽培槽模式和立架栽培模式相对常规种植生产模式,其株距虽然不变,但总体密度有所增加^[6],提高了空间利用率的同时^[7],大大降低劳动者的劳动强度。并且在相同种植面积内,立架栽培草莓株数增加,单果质量增加,立架栽培较栽培槽模式的草莓产量有明显提高。该研究结果表明,立架栽培模式草莓叶片 SPAD 值、产量及品质相比栽培槽模式均有所增加,这与前人研究结果一致^[8-9]。立架草莓无土栽培模式在 2015 年冬

季长时间雾霾天气的情况下也获得了较高的产量,这绝大原因是由于立架栽培模式能改善草莓生长小气候,获得更好的生长条件^[10],并且有利于草莓获得良好的品质,这与张豫超等^[11]的研究结果基本一致。

叶面积指数是作为作物产量形成的重要指标,是衡量群落和种群的生长状况和光能利用率的重要指标,绿色叶面积不仅是表征植被光合面积大小、冠层结构的重要参数,而且还是作物生产过程中用来判断作物长势及其高产田管理的重要依据^[12]。草莓立架栽无土培模式与栽培槽无土栽培模式,增加了总体密度,因而会增加叶面积指

数(Leaf area index, LAI), 该研究表明, 草莓叶面积指数与产量之间符合二次曲线关系, 且相关性较好, 这与水稻^[13]、红枣^[14]等作物的相关研究结果相似, 有关草莓叶面积指数与产量之间的关系的研究较少, 但草莓叶面积指数也可作为草莓产量预测的指标之一。

该研究表明, 立架栽培模式草莓生长特性明显优于栽培槽模式, 但有立架栽培模式条件下草莓各物候期的生育特点及“A字架”各层之间小气候差异性的相关研究较少。同时, 立架草莓栽培的相关管理技术措施仍不明确, 因此需要对“A字架”各层之间气候差异及其对草莓生长发育的影响, 以及相关的管理措施进行深入研究。

参考文献

- [1] WRIGHT C J, SANDRANG A K. Efficiency of light utilization in the strawberry (*Fragaria ananassa* cv. Hapil)[J]. Hortscience, 1995, 70(5): 705-711.
- [2] 范兰礼. 草莓丰产栽培新技术[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2011: 68.
- [3] 陈秀娟, 陈卫平, 糜林, 等. 南方草莓叶面积计算方法的研究[J]. 中国农学通报, 2009(14): 190-193.
- [4] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 64-67.
- [5] CHIDAMBARA-MURTHY K N, JAYAPRAKASHA G K, SINGH R P. Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using *in vivo* models[J]. Food Chem, 2002, 50(17): 4791-4795.
- [6] 周锡平, 魏余煌, 叶凤焕. 红颊草莓高密度栽培试验研究[J]. 现代农业科技, 2012(23): 66-67.
- [7] 赖景煌. 台湾草高-离地栽培模式[J]. 长江蔬菜, 2012(6): 52-55.
- [8] 霍恒志, 糜林, 李金凤, 等. 草莓架式基质栽培与地面栽培适应性比较试验[J]. 江西农业学报, 2010, 22(11): 48-49, 52.
- [9] 张豫超, 杨肖芳, 苗立祥, 等. 草莓立体栽培模式研究初报[J]. 浙江农业科学, 2012(2): 170-172.
- [10] 宗静, 刘宝文. 草莓双层高架栽培模式的气象条件分析[J]. 北方园艺, 2015(23): 58-61.
- [11] 张豫超, 杨肖芳, 苗立祥, 等. 三种草莓立体栽培架型及生产性能比较[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(6): 1288-1292.
- [12] CHEN J M, CIHLAR J. Retrieving leaf area index of boreal conifer forests using Landsat TM images[J]. Remote Sens of Environ, 1996, 55(2): 153-162.
- [13] 朱秋明, 邓翠婷, 叶俊希, 等. 不同生育期水稻叶面积指数与产量的关系[J]. 仲恺农业工程学院学报, 2016(3): 17-21.
- [14] 杨伟, 高疆生, 徐崇志, 等. 红枣叶面积指数与产量的相关性分析[J]. 新疆农业科学, 2012(8): 1397-1400.

Comparison on Growing Characteristics of Strawberry in Different Cultivation Modes

WU Yanghuan, MEN Xuejie, ZHOU Jin, LIU Na, WANG Jingjing, CHEN Fang

(Agricultural Science Institute of Xinjiang Production and Construction Corps Sixth Agricultural Division, Wujiaqu, Xinjiang 831301)

Abstract: Two different planting patterns(‘A’ shelf mode and trough cultivation modes) and three varieties of strawberry(‘Hongyan’ ‘Zhangji’ ‘Tianchali’) were set to find out the best varieties and planting patterns in this region. The phenological phase of strawberry was observed every 5 days during the growing season. Plant height, petiole length, leaf number, crown diameter ratio, leaf area and SPAD value were measured at the different growing season of strawberry. The results showed that, not only cultivated in ‘A’ shelf mode and trough cultivation mode had higher density than conventional pattern. And also they increased the space utilization ratio. The yield and fruit quality of cultivated in ‘A’ shelf modes were better than trough cultivation mode with the same acreage. At the same time, the relationship between the leaf area index and the yield of strawberry was in line with the two curve. The SPAD value, yield and quality of strawberry in ‘A’ shelf were better than the trough cultivation mode to that of the cultivation model.

Keywords: planting patterns; leaf area index; phenological phase; SPAD