灌浆期玉米冠层微环境对宽窄行种植模式的反应

刘铁东[1,2],宋凤斌[1,2]

(1.中国科学院东北地理与农业生态研究所,吉林 长春 130012;2.中国科学院研究生院,北京 100049)

摘 要:种植方式是影响作物冠层内光照、温度、湿度和 CO_2 等分布的重要因素。在大田条件下,研究了三种不同的种植方式(P1,宽窄行 170 cm+30 cm;P2,宽窄行 90 cm+40 cm;CK,匀垄 65 cm)对灌浆期玉米冠层微环境的影响。试验结果表明,三种种植模式中,P2 中光截获最高,P1 中冠层光截获显著低于 CK;三种模式间冠层温度差异显著:P1 显著大于 P2 和 CK,同时 P2 显著大于 CK;相对湿度的趋势与温度相反,表现为 P1 < P2 < CK;CO_2 浓度在 50 cm 高度上表现为 P1 < CK < P2,在 50 cm 以上高度,CK 显著高于 P2 和 P1,同时 P2 显著高于 P1。结果表明,宽窄行种植模式中,有效辐射的分布更加均匀,对冠层中下部叶片的光合作用有促进作用;50 cm 以上冠层温度、CO_2 浓度和相对湿度较低,可能会对光合作用有一定的抑制作用。

关键词:玉米;种植模式;宽窄行;微环境

中图分类号:S513.044 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7601(2012)03-0037-04

行栽作物的光截获,如玉米,是受冠层结构影响的[1],而种植模式是影响冠层结构的重要手段。传统农艺学通过调整冠层结构来改善光截获效率的方法就是对枝叶的大小、形状、朝向等进行调整[2],以达到作物增产的目的。不同的种植模式通过不同的密度、行向、间距配比,形成了不同的冠层结构。

作物冠层内的光照、温度、湿度和 CO_2 等要素的分布,是影响群体光合效率和作物产量的重要因素。群体结构不同,太阳辐射在群体中的分布及农田小气候也会发生相应的变化,继而影响到作物的生长发育和产量形成[3]。前人的研究表明,不同的空间配置对大豆[4-5]、玉米[6-7]、棉花[8-9]、小麦等作物的冠层微环境均有影响,而在相同密度下,采用不同种植模式的玉米研究较少。为此,本试验在前人研究的基础上,从生态学角度探讨宽窄行种植模式对两种基因型玉米品种灌浆期群体冠层微环境的影响,寻求不同品种对不同种植模式的最优式样方案,充分利用田间小气候资源,促进玉米生产。

1 材料与方法

1.1 大田试验设计

试验地点位于吉林省德惠市米沙子镇晨光村。试验地点土壤类型为黑质壤土,肥料为复合肥(N,P,K 比例为 2:1:1)每公顷施 900 kg,播种时施肥 500 kg,后期追肥 400 kg。试验地点玉米栽培历史已有 10 a 以上。试验采用大区对比,两个基因型,两种种植模式,双因素耦合。两个基因型分别为北育 288 和先玉 335。种植模式为宽窄行 P1(30 cm,170 cm)垄向为南—南西 15°~20°;宽窄行 P2(90 cm,40 cm)南北垄向;和常规模式 CK(匀垄 65 cm),南北垄向;密度均为 6.4 万株/hm^2。宽窄行播种日期为 5 月 3 日,采用机播;CK 播种的日期为 5 月 4 日,均采用机械播种。九月末十月初收获。

1.2 光截获的测量

光截获分数由以下公式算得:

$$F = (1 - \frac{I_o}{I_t}) \times 100\%$$

式中,F 为光截获分数;I_t 为冠层顶部的光合有效辐射;I_o 为冠层底部的光合有效辐射。冠层顶部的光合有效辐射(I_t)使用量子传感器(LI-190SB)测得。冠层底部的光合有效辐射使用线性量子传感器(LI-191SA)测得,计算的过程中忽视了冠层和地表的反射部分。冠层截获的入射 PAR 的测量的时间选在晴天中午的 11:30 到 14:00。将 1 m 长的探测器以对角的方向置于行中,并在绿色叶片冠层的最下部[10]。

1.3 冠层温度、相对湿度和 CO_2 浓度

冠层的温度、相对湿度和 CO_2 浓度利用 LI-6400 便携式光合仪测得。测量的时间选在晴朗无风天气上午的 11:00~12:00。测量的高度为划定的 50 cm,100 cm,150 cm 冠层高度。

收稿日期:2011-12-06

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目"玉米高产新型种植模式的规范化示范"(KSCX2-YW-N-077)

作者简介:刘铁东(1981—),男,吉林怀德人,博士研究生,研究方向为作物生理生态。E-mail:liutd121@yahoo.com.cn。

* 通讯作者:宋凤斌(1963—),男,吉林前郭人,研究员,研究方向为作物生理生态。E-mail:songfb@neigae.ac.cn。

万方数据

2 结果与分析

2.1 宽窄行种植模式对两种基因型玉米冠层不同层次光截获的影响

图1显示了在三种种植模式中,两个基因型玉米在灌浆期入射辐射在冠层不同高度的分布情况。北育288的光合有效辐射截获量,三种模式分别为净辐射量的84%、98%和96%。在种植模式P1中,有效辐射有70.9%被150 cm以上冠层截获,100~150 cm,50~100 cm,0~50 cm冠层分别截获入射辐射的14.5%,10.5%和4.1%。在模式P2中150 cm以上冠层截获了有效辐射的68.2%,100~150 cm,50~100 cm,0~50 cm冠层分别截获了有效辐射的10.6%,8.9%和2.7%;在CK中,在这4个尺度上分别截获了有效辐射的78.1%,14.5%,4.9%和1.8%。另一个基因型先玉335,三种种植模式截获的有效辐射分别为入射辐射的86%,96%和94%。P1中,69.4%的有效辐射被150 cm以上冠层截获,100~150 cm,50~100 cm,0~50 cm冠层分别截获了12.6%,11.6%和6.2%;P2中以上各层分别截获了有效辐射的75.4%,16.6%,5%,3%。模式CK中各层截获的百分比为75.7%,17.3%,5.8%和1%。通过方差分析,与CK相比,两种宽窄行模式在同一高度的光截获差异,均达到了显著水平。

2.2 宽窄行种植模式对两种基因型玉米冠层不同层次内温度的影响

从图2可以看出,对于北育288,三种模式中的冠层温度在不同高度均表现为P1 > P2 > CK,原因可能是随着宽行行距的增大,裸露土地面积相对较大,吸收和反射的太阳辐射较多。在测量的三个高度中,三种模式均表现出中层和下层的温度比较接近,上层温度显著高于中层和下层。这可能是由于上层接近冠层顶部,截获有效光合辐射较多(图1),从而使温度升高;下层靠近地面,虽吸收热量快,但接收太阳辐射少,温度升高慢,使近地面层的气温也较低。先玉335的观察结果与北育288相似。三种模式同样表现为P1 > P2 > CK,除常规模式外,其他两种模式不同冠层高度均表现为上层 > 中层 > 下层。

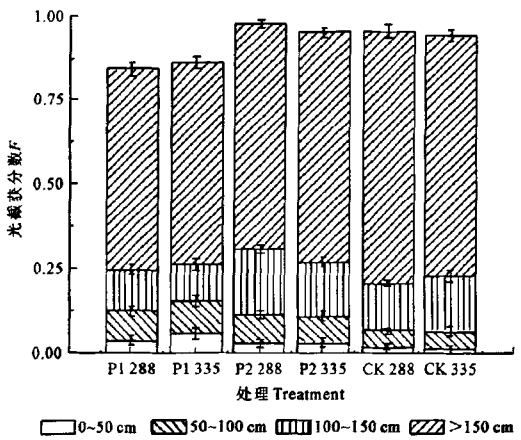

图1 三种模式中,两种基因型玉米的有效光合辐射在冠层内不同层次的分布

Fig.1 The distribution of IPAR at different canopy strata in three planting patterns of two maize cultivars

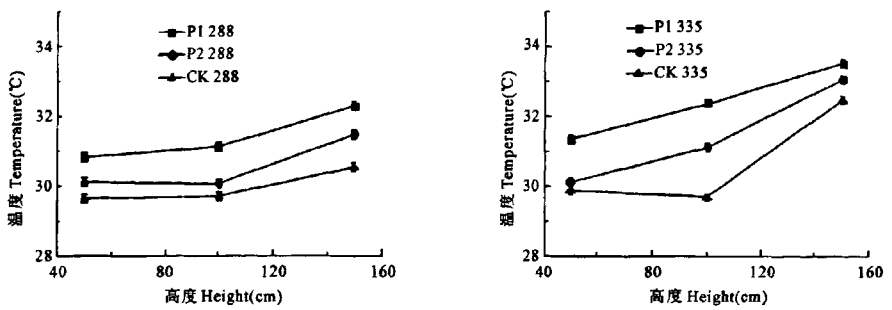

图2 不同种植模式对两种基因型玉米不同高度冠层内温度的影响

Fig.2 The effect of different planting pattern on the temperature of two maize cultivars at different strata

2.3 宽窄行种植模式对两种基因型玉米冠层不同层次内相对湿度的影响

从图3可以看出,在三种种植模式中,两种基因型玉米冠层不同层次的相对湿度均表现为上层和下层低,中层高的特点。这可能是由于在相同种植密度条件下,随着宽行行距的增加,行间蒸腾水汽扩散快,而且到达土壤表面的风速随行间通风条件改善而增大,水分蒸发加快,致使各层次的相对湿度降低。北育288的三种模式表现为CK > P2 > P1。与CK相比,P1各个层次的相对湿度均显著低于CK。在P2中,除下层外,均显著低于CK。对于品种先玉335,三种模式间的差异分别达显著水平。

万方数据

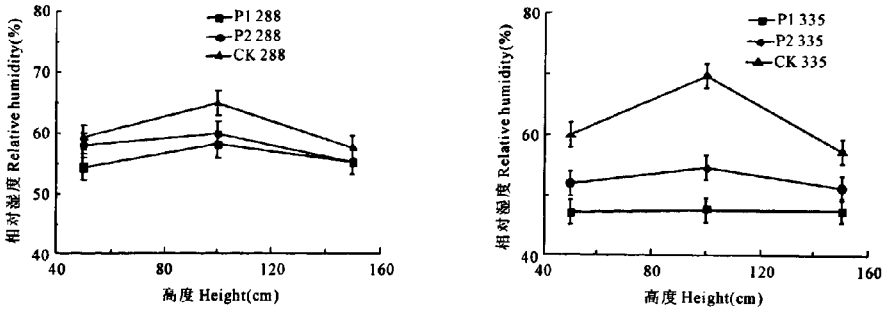

图 3　不同种植模式对两种基因型玉米不同高度冠层内相对湿度的影响

Fig.3　The effect of different planting pattern on the relative humidity of two maize cultivars at different strata

2.4　宽窄行种植模式对两种基因型玉米冠层不同层次内 CO_2 浓度的影响

宽窄行种植模式对两个品种玉米冠层内 CO_2 浓度有一定影响(图 4)。在北育 288 的三种模式中,下层 CO_2 表现为 P1 < CK < P2,中层 P1 最低,P2 和 CK 间没有显著差别,上层则表现出 P1 < P2 < CK 的特征;先玉 335 表现出了相似的趋势。在常规种植模式 CK 中,下层 CO_2 浓度最低,中层和上层接近,这可能是由于中上部冠层郁闭,空气不流通,CO_2 浓度升高;在宽窄行的种植模式中,垂直方向 CO_2 浓度表现为下层 > 中层 > 上层。这可能是由于下层因土壤呼吸产生 CO_2 致使其浓度较高所致;中层叶片较为集中,光合作用旺盛,吸收 CO_2 较多,使其浓度降低;上层则由于靠近冠层顶部,空气流通较为顺畅使得该层 CO_2 浓度比较稳定。由此可见,不同种植模式对两种基因型玉米冠层内各层的 CO_2 浓度影响效应不同,在高产栽培中因品种制宜,采取适宜的种植密度与行距,以改善群体冠层内各层的 CO_2 浓度,提高群体的光合作用。

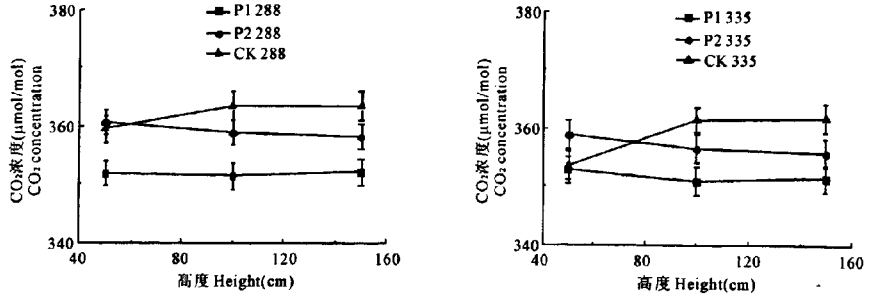

图 4　不同种植模式对两种基因型玉米不同高度冠层内 CO_2 浓度的影响

Fig.4　The effect of different planting pattern on the CO_2 concentration of two maize cultivars at different strata

2.5　宽窄行种植方式对两种基因型玉米产量的影响

在 2010—2011 年中,宽窄行处理玉米的产量与常规种植间的差异显著(表 1)。2010 年,P2 的产量最高,CK 的产量最低。最高产量最多的年份是 2011 年,其中 P2 的产量最高,P1 的产量最低,其中 2010 年三个处理间的差异均达到了极显著的水平。而在 2011 年,P2 略大于 P1 和 CK,而 P1 和 P2 及 CK 间的差异并不显著。

表 1　不同种植方式对两种基因型玉米产量的影响(kg/hm²)

Table 1　The effect of different planting pattern on corn yield

品种 Cultivar	种植方式 Planting pattern	2010 年	2011 年
北育 288 Beiyu 288	P1	13970	15500
	P2	15615	15632
	CK	13980	14702
先育 335 Xianyu 335	P1	14177	14829
	P2	14761	15564
	CK	14262	15327

万方数据

3 结论与讨论

种植模式是影响作物冠层形成的重要原因，是影响冠层内光合有效辐射、温湿度、CO_2 等小气候因子的分布和利用的重要因素，是影响到碳素同化和初级生产的重要方面。在传统的玉米生产中，多采用匀垅的种植模式，农艺工作者采用新型的宽窄行种植模式促进玉米的群体生产，优化个体与个体、个体与环境因子间的关系，建立合理、高效的群体结构，提高气候资源的利用效率。通过改善群体与环境间的关系，合理的分配和利用资源。建造更好的冠层结构，不仅直接影响太阳光的截获量，而且通过影响冠层内的温度、湿度和 CO_2 等环境因子，最终影响着群体的光合效率和作物产量。

光是植物一生中具有高度动态性的因素，辐射截获从出苗到作物生活阶段是不断变化的[11]，在传统的种植模式中，植物冠层顶部和底部间的光分布梯度非常明显[12]，并且冠层内不同高度的叶片，其光合性能受光的可用性和多种环境因子影响。玉米不同杂交品种间冠层结构不同，与其相伴随的冠层光截获能力也不相同[13]，不同的行距配置引起植物空间布局的变化，是影响冠层光截获的重要因素。许多研究结果表明[14-16]，冠层内光照强度是决定冠层光合特性的主要微环境因子，不仅可以提高冠层内叶片的光合效率，而且可以改善冠层内其他微环境条件，提高群体的光能利用率[17]。本试验研究表明，宽窄行的种植模式可以改善冠层的光分布结构，中下部冠层的光环境得到明显改善。

闫川等[18]研究认为，不同行距配置群体内部 CO_2 浓度、温度和湿度等微气象因子具有一定差异，合理的配置可以改善群体微气象环境。刘开昌等[19]研究认为，种植模式能显著影响小气候因子在群体中的分布，通过合理密植能调节群体结构、充分利用小气候资源，获得较高有效贮积能量。在本研究中，同一密度下的株行距变化，产生了小气候效应，随着宽行行距增加，冠层不同层次的温度升高，湿度下降，但 CO_2 分布均匀度有所升高。

参考文献：

[1] Boote K J, Loomis R S. The prediction of canopy assimilation[C]// Boote K J, Loomis R S. Modeling Crop Photosynthesis from Biochemistry to Canopy. Crop Science Society of America, 1991:109-140.

[2] Maddonni G A, Otegui M E, Cirilo A G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation[J]. Field Crop Res, 2001,71:183-193.

[3] 章家恩.作物群体结构的生态环境效应及其优化探讨[J].生态科学,2000,19:30-35.

[4] 刘晓冰,金 剑,王光华,等.行距对大豆竞争有限资源的影响[J].大豆科学,2004,23(3):215-219.

[5] Board J E, Harville B G. Explanations for greater light interception in narrow-row vs wide-row soybean[J]. Crop Science 1992,32:198-202.

[6] Bullock D G, Nielsen R L, Nyquist W E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing[J]. Crop Science, 1988,28:254-258.

[7] Sharratt B S, McWilliams D A. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row corn[J]. Agronomy Journal, 2005,97:1129-1135.

[8] Heitholt J J, Pettigrew W T, Meredith W R. Light interception and lint yield of narrow-row cotton[J]. Crop Science, 1992,32:728-733.

[9] Reta-Sanchez D G, Fowler J L. Canopy light environment and yield of narrow-row cotton as affected by canopy architecture[J]. Agronomy Journal, 2002,94:1317-1323.

[10] Gallo K P, Daughtry C S T. Techniques for measuring intercepted and absorbed photosynthetically active radiation in corn canopies[J]. Agronomy Journal, 1986,78:752-756.

[11] Watiki J M, Fukai S, Banda J A, et al. Radiation interception and growth of maize/cowpea intercrop as affected by maize plant density and cowpea cultivar[J]. Field Crop Res, 1993,35:123-133.

[12] Niinemets U. Photosynthesis and resource distribution through plant canopies[J]. Plant Cell Environ, 2007,30:1052-1071.

[13] Maddonni G A, Otegui M E, Leaf area, light interception, and crop development in maize[J]. Field Crop Res, 1996,48:81-87.

[14] 王 珍.玉米冠层结构和微环境间关系的解析[D].长春:吉林农业大学,2000.

[15] Gent M P N. Canopy light interception-gas-exchange, and biomass in reduced height isolines of winter-wheat[J]. Crop Science, 1995,35:1636-1642.

[16] Conocono E A, Egdane J A, Setter T L. Estimation of canopy photosynthesis in rice by means of daily increases in leaf carbohydrate concentrations[J]. Crop Science, 1998,38:987-995.

[17] 李潮海,刘 奎,周苏玫,等.不同施肥条件下夏玉米光合对生理生态因子的响应[J].作物学报,2002,2(2):265-269.

[18] 闫 川,丁艳锋,王强盛,等.行株距配置对水稻茎秆形态生理与群体生态的影响[J].中国水稻科学,2007,21(5):530-536.

[19] 刘开昌,张秀清,王庆成,等.密度对玉米群体冠层内小气候的影响[J].植物生态学报,2000,24(4):489-493.

(英文摘要下转第45页)

万方数据

数据分析中的应用[J].干旱地区农业研究,2009,27(4):208-212.

[9] 许海涛,王友华,许　波,等.应用秩次分析法对玉米品种产量表现的评价[J].北京农业,2009,(3):4-6.

[10] 金文林.作物区试中品种稳定性评价的秩次分析模型[J].作物学报,2000,26(6):925-930.

[11] 高小丽,孙健敏,高金锋,等.红小豆丰产性及稳定性综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2004,32(8):37-42.

[12] 胡希远,尤海磊,任长宏,等.基于协方差阵结构优选的作物品种区域试验分析[J].作物学报,2009,35(11):1981-1989.

Evaluation of yield capability and stability of tartary buckwheat varieties by rank analysis

CHEN Jia, ZHANG Pan-pan, XU Bing-qin, GAO Jin-feng, WANG Peng-ke,
GAO Xiao-li, QU Yang, FENG Bai-li*
(*College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: In this research, data of 9 tartary buckwheat varieties which have participated in national regional trials in the 19 test environments were selected, using non-parametric statistical methods-rank analysis to analyze and evaluate the yield of the tested varieties comprehensively. The results show that Jiujiang tartary buckwheat has a comparatively high and stable yield; Yunqiao 2 has a high and stable yield; WK－189 has a high and generally stable yield; Xiqiao 3 has a comparatively high and generally stable yield; FengKu 2 and Fengku 3 both have comparatively high but low stable yield.

Keywords: tartary buckwheat; rank analysis; regional trial; yield; stability

(上接第 40 页)

Response of microclimatic environment of corn canopy to narrow-wide row planting patterns at grain-filling stage

LIU Tie-dong[1,2], SONG Feng-bin[1,2]
(1. *Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jinlin* 130012, *China*;
2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100049, *China*)

Abstract: Under field condition, the effect of planting patterns on the microclimatic environment of corn canopy of two maize (*Zea mays* L.) cultivars (Beiyu 288 and Xianyu 335) were examined in two planting patterns narrow-wide rows of (1) 170 cm + 30 cm (P1, 6.4 plants/m^2); (2) 90 cm + 40 cm (P2, 6.4 plants/m^2), and uniform row of 65 cm (control, *i.e.* CK, 6.4 plant/m^2) was studied. The experiment results showed that, in three planting patterns, the total light interception in P1 was the lowest, but more incoming PAR was detected in middle-low strata in P1. In the contrary, the temperature of the canopy in P1 is higher than P2 and CK at every height strata while P2 was higher than CK. The relative humidity was depict as P1 < P2 < CK, the difference among these treatments were significant. The concentration of CO_2 in P1 was significantly lower than CK, while the value in P2 was the highest in three planting patterns at 50 cm strata, and at upper 50 cm strata, the concentration of CO_2 was the lowest in P1, and the highest in CK. These results indicate that narrow-wide planting pattern improves the light environment of canopy, creates more uniform CO_2, temperature, and moistures circumstance.

Keywords: maize(*zea mays*. L); planting pattern; narrow-wide row; microclimatic environment

万方数据