

文章编号 :1003-8701(2014)02-0001-04

半干旱区玉米不同叶位光合特征研究

常莹¹, 闫伟平², 李程¹, 吴春胜^{1*}, 边少锋^{2*}, 彭涛涛²

(1. 吉林农业大学, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所, 长春 130033)

摘要:以3个玉米品种为试验材料,对5个密度进行了不同叶位光合反应的研究。结果表明,玉米植株上部叶位光合速率高于下部叶位光合速率,穗位叶上部光合速率差值高于下部光合速率差值。种植密度对各叶位光合速率有一定影响,各叶位光合速率以6万株/hm²为密度轴线。

关键词:半干旱区;玉米;叶位;光合速率;光合有效辐射

中图分类号:S513

文献标识码:A

Studies on Photosynthetic Characteristics in Different Leaf Positions of Maize in Semiarid Area

CHANG Ying¹, YAN Wei-ping², LI Cheng¹, WU Chun-sheng^{1*},
BIAN Shao-feng^{2*}, PENG Tao-tao²

(1. *Jilin Agricultural University, Changchun 130118;*

2. Institute for Agricultural Resources and Environment Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130124, China)

Abstract: The study was carried out to investigate the photosynthetic characteristics in different leaf positions of maize for three maize varieties under five density levels. The results showed that the photosynthetic rates of the three maize varieties were higher in upper leaves than in lower leaves, the difference of photosynthetic rates for the upper leaves of ear-leaf were higher than the lower ones of them. Photosynthetic rate of every leaf position was slightly affected by planting density, and the 60,000 plants/hm² was used as density axis of photosynthetic rate of every leaf position.

Keywords: Semiarid area; Maize; Leaf position; Photosynthetic rates; Photosynthetic active radiation (PAR)

玉米作为我国主要粮食作物,是一种高光效的高产作物。玉米品种的高产潜力能否得以发挥,与群体光合性能有着密切的关系,玉米产量高低与其群体光合效率关系密切。合理密植是提高玉米产量的重要途径,直接影响着玉米冠层结构,冠层结构的改变影响了冠层群体光分布及叶片整体光合效率,整体上提升了玉米的生产力。

国内外学者对玉米光合作用的研究认为,光

合速率存在种间差异,且主要表现在生育后期,子粒产量的形成主要来源于吐丝期后光合物质的积累,叶片光合性能与CO₂浓度、叶位等关系密切,不同叶位、叶片光合特性存在差异,即上、中部叶片优于下部叶位^[1]。玉米光合特性研究是作物理化反应研究的热点问题之一,左振朋等对不同叶位光合速率的研究发现,不同玉米品种叶片平均光合速率和不同叶位叶片光合速率存在类型间差异,这种差异在不同生育时期达到显著或极显著水平^[2]。分析发现,植株上、中、下部叶片,在整个生长过程中都发挥着重要作用,且作用大小有所区别。

本试验以洮南为试验地点,针对半干旱区特定气候条件,对玉米光合特性进行研究。试验针对

收稿日期:2013-08-24

作者简介:常莹(1985-),女,在读硕士,主要从事作物学方面的研究。

通讯作者:吴春胜,男,教授,E-mail:wcs8131587@yahoo.com.cn

边少锋,男,研究员,E-mail:bsf8257888@sina.com

主要光合限制因素,深度挖掘半干旱区优良玉米品种的增产潜力,为科学、合理、高效的利用当地光热资源提供一定理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验在吉林省农科院洮南综合试验站进行。当地 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 $2900^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,年均实际日照 3005h ,全年无霜期在 136d 左右。试验地位于北纬 $45^{\circ}20'$,东经 $122^{\circ}49'$,海拔 156.8m 。试验田为典型碱性沙壤, $0\sim 20\text{cm}$ 土壤含全氮 $1.128\text{g}/\text{kg}$,全磷 $0.516\text{g}/\text{kg}$,全钾 $24.373\text{g}/\text{kg}$,速效氮 $73.476\text{mg}/\text{kg}$,速效磷 $38.594\text{mg}/\text{kg}$,速效钾 $198.923\text{mg}/\text{kg}$,有机质 $16.223\text{g}/\text{kg}$, $\text{pH}7.57$ 。

1.2 试验设计

试验选取郑单958、先玉335、农华101为供试玉米品种。设 $3\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $4.5\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $6\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $7.5\text{万株}/\text{hm}^2$ 、 $9\text{万株}/\text{hm}^2$ 5个密度。播种前试验地施用底肥,每公顷施入 500kg 复合肥($\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}=15:15:15$)作底肥,在玉米大口期每公顷追尿素 250kg 。

1.3 试验调查

在玉米灌浆期测定玉米N1(穗位叶向上数第2叶),N2(穗位叶向上数第1叶),N3(穗位叶),N4(穗位叶向下数第1叶),N5(穗位叶向下数第2叶)5个叶位光合速率;灌浆期测量植株叶面积。用Sanscan冠层仪测定冠层PAR值;光合速率采用LC pro+光合仪测定。

2 结果与分析

2.1 不同密度下叶位光合速率变化

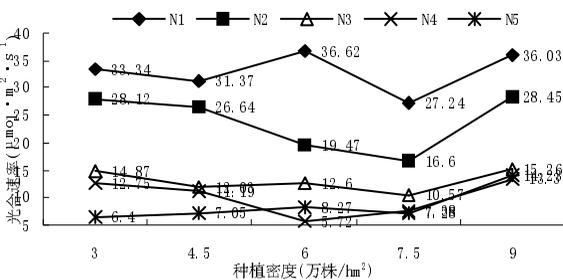


图1 郑单958不同密度的叶位光合速率曲线

图1为郑单958灌浆初期,不同种植密度5个叶位的光合速率曲线图。此时,郑单958各密度N1光合速率最高,N2次之,N3、N4、N5光合速率水平依次降低。各叶位光合速率以穗位叶为分界,穗位叶上方两叶位的光合速率随着叶位的上升逐

渐升高,且上部两叶位光合速率差值较大,穗位叶下方两叶位的光合速率随着叶位的下降逐渐降低。从图中可看到,冠层中植株各叶位光合速率由上到下逐渐降低,降低幅度逐渐变小。同叶位各密度光合速率相近,大小略有不同。

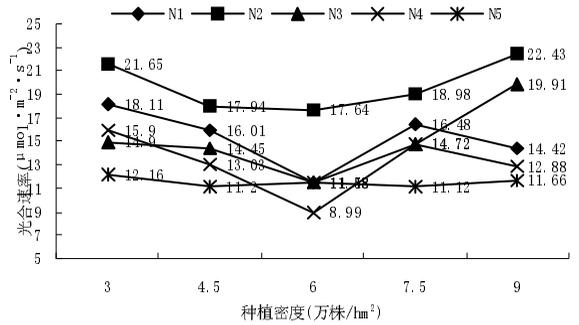


图2 先玉335不同密度的叶位光合速率曲线

图2是先玉335灌浆初期,不同密度的5个叶位叶片光合速率曲线图。图中N2光合速率最高,N5的光合速率最低,此时期各叶位光合速率变化较复杂。6万株/hm²种植密度的各叶位光合速率低于其他密度,各叶位间光合速率变化最小。先玉335五叶位光合速率以6万株/hm²为轴线,3万株/hm²到6万株/hm²各叶位光合速率逐渐下降,当种植密度升高到6万株/hm²时各叶位光合速率差值降至最低。当种植密度由6万株/hm²升到9万株/hm²时,各叶位光合速率逐渐升高,在9万株/hm²时各叶位光合速率差值升到最大。

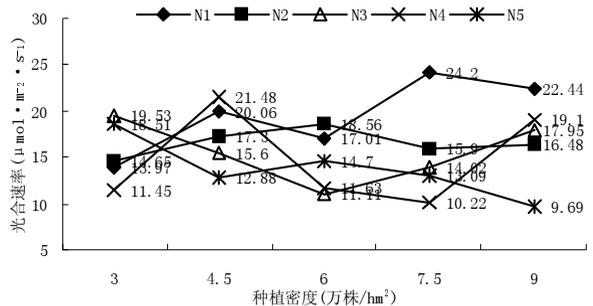


图3 农华101不同密度的叶位光合速率曲线

图3为农华101灌浆初期,不同密度5个叶位光合速率曲线图。农华101此时期各密度光合速率变化复杂,各密度光合速率较接近。但总体上,各密度N1、N2光合速率高于N4、N5叶位光合速率值,虽然曲线无明显规律,但各密度群体都是植株上部叶位光合速率值高于植株下部叶位光合速率值。种植密度越低各叶位光合速率差值越小,种植密度越大各叶位光合速率差值也越大。

玉米品种中郑单958各叶位光合速率趋势显

著,穗位叶以上叶片光合速率较高,光合速率随叶位降低逐渐下降,叶位越低光合速率值变化越小。郑单 958、先玉 335 两个品种光合速率由高到低顺序大致为:N1>N2>N3>N4>N5。

2.2 不同叶位光合因素分析

表 1 中,种植密度与 LAI 有极显著正相关,与 PAR 有极显著负相关。光合速率随包间 CO₂ 的变化

而变化,二者呈极显著负相关;光合速率与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度呈极显著正相关。蒸腾速率升高,促进了植株体内的物质循环,CO₂ 气孔导度、包间 CO₂ 影响着植株内部的 CO₂ 的浓度。包间 CO₂ 与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度呈显著负相关。CO₂ 气孔导度与蒸腾速率呈极显著正相关。LAI 与 PAR 呈极显著负相关,PAR 随着 LAI 的升高而显著降低。

表 1 N1 光合反应因素相关性分析

	光合速率	包间 CO ₂	蒸腾速率	CO ₂ 气孔导度	LAI	PAR
密度	0.089	0.151	-0.171	-0.180	0.962**	-0.665**
光合速率		-0.786**	0.739**	0.780**	0.211	-0.419
包间 CO ₂			-0.574*	-0.560*	0.044	-0.007
蒸腾速率				0.931**	0.001	-0.162
CO ₂ 气孔导度					-0.041	-0.170
LAI						-0.734**

注:*,** 分别表示在 0.05、0.01 水平(双侧)上显著相关,下同。

表 2 是 N2 叶片光合因素的相关性分析。表中,密度与 LAI 呈极显著正相关,与 PAR 呈极显著负相关。光合速率与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度存在显著

正相关。包间 CO₂ 与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度呈显著负相关关系。蒸腾速率与 CO₂ 气孔导度间有极显著正相关。LAI 与 PAR 存在极显著负相关。

表 2 N2 光合反应因素相关性分析

	光合速率	包间 CO ₂	蒸腾速率	CO ₂ 气孔导度	LAI	PAR
密度	-0.049	-0.212	0.056	0.101	0.962**	-0.665**
光合速率		-0.198	0.598*	0.604*	0.013	-0.158
包间 CO ₂			-0.631*	-0.632*	-0.252	0.469
蒸腾速率				0.978**	0.087	-0.154
CO ₂ 气孔导度					0.097	-0.151
LAI						-0.734**

表 3 为穗位叶的光合因素相关性分析。表中种植密度与 LAI 有极显著正相关,与 PAR 呈极显著负相关。光合速率与包间 CO₂ 存在极显著负相关,与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度存在极显著正相

关。包间 CO₂ 与蒸腾速率有极显著负相关,与 CO₂ 气孔导度呈显著负相关。蒸腾速率与 CO₂ 气孔导度间有极显著正相关。LAI 与 PAR 存在极显著负相关。

表 3 N3 光合反应因素相关性分析

	光合速率	包间 CO ₂	蒸腾速率	CO ₂ 气孔导度	LAI	PAR
密度	0.083	0.106	-0.150	-0.138	0.962**	-0.665**
光合速率		-0.691**	0.784**	0.743**	-0.085	0.326
包间 CO ₂			-0.651**	-0.629*	0.206	-0.214
蒸腾速率				0.965**	-0.290	0.382
CO ₂ 气孔导度					-0.304	0.445
LAI						-0.734**

表 4 是 N4 叶片光合因素的相关性分析。表中种植密度与 LAI 有极显著正相关,与 PAR 呈极显著负相关。光合速率与包间 CO₂ 存在显著负相关,与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度存在极显著正相

关。包间 CO₂ 与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度呈极显著负相关。蒸腾速率与 CO₂ 气孔导度有极显著正相关。LAI 与 PAR 存在极显著负相关。

表 5 为 N5 叶片光合因素的相关性分析。表

中种植密度与 LAI 有极显著正相关,与 PAR 呈极显著负相关。光合速率与包间 CO₂ 存在极显著负相关,与蒸腾速率、CO₂ 气孔导度存在极显著正相关。包间 CO₂ 与蒸腾速率有显著负相关,与 CO₂

气孔导度呈极显著负相关,与 PAR 存在极显著负相关。蒸腾速率与 CO₂ 气孔导度有极显著正相关。CO₂ 气孔导度与 PAR 存在显著正相关关系。LAI 与 PAR 存在极显著负相关。

表 4 N4 光合反应因素相关性分析

	光合速率	包间 CO ₂	蒸腾速率	CO ₂ 气孔导度	LAI	PAR
密度	-0.068	0.208	-0.229	-0.208	0.962**	-0.665**
光合速率		-0.636*	0.747**	0.763**	-0.253	0.258
包间 CO ₂			-0.702**	-0.742**	0.290	-0.484
蒸腾速率				0.976**	-0.322	0.372
CO ₂ 气孔导度					-0.319	0.433
LAI						-0.734**

表 5 N5 光合反应因素相关性分析

	光合速率	包间 CO ₂	蒸腾速率	CO ₂ 气孔导度	LAI	PAR
密度	-0.030	0.298	-0.044	-0.078	0.962**	-0.665**
光合速率		-0.746**	0.678**	0.711**	-0.137	0.508
包间 CO ₂			-0.604*	-0.681**	0.356	-0.668**
蒸腾速率				0.986**	-0.116	0.493
CO ₂ 气孔导度					-0.169	0.588*
LAI						-0.734**

2.3 产量因素与光合因素分析

表 6 为产量影响因素的相关性分析。种植密度的变化影响了植株内部的理化反应,对收获产量增加起着至关重要的作用。从表 6 中看到密度与产量、LAI 存在极显著正相关关系;与茎粗、

PAR 存在极显著负相关关系。株高与穗位高、茎粗存在显著负相关关系。穗位高与穗位叶片光合速率存在显著负相关关系。茎粗与产量、LAI 存在极显著负相关关系。产量与 LAI 存在极显著正相关,与 PAR 存在极显著负相关关系。LAI 与 PAR

表 6 产量及各限制因素的相关性分析

	株高	穗位高	茎粗	产量	LAI	PAR	穗位叶光合速率
密度	0.114	0.082	-0.781**	0.945**	0.962**	-0.665**	0.083
株高		-0.620*	-0.533*	0.093	-0.016	0.278	0.318
穗位高			0.403	0.203	0.285	-0.437	-0.548*
茎粗				-0.732**	-0.669**	0.255	-0.226
产量					0.962**	-0.686**	-0.020
LAI						-0.734**	-0.085
PAR							0.326

存在极显著负相关。

3 结 论

灌浆速率初期植株形态建成完毕,叶片光合速率变化明显。郑单 958、先玉 335、农华 101 各玉米品种生长发育进程存在差异,相同叶位光合速率趋势相近但不同。植株上部叶位光合速率高于下部叶位光合速率,以穗位叶为植株叶位分界点,穗位叶上部光合速率差值高于下部光合速率差值。各叶位

光合速率随密度升高而增加,6 万株/hm² 为 3 个品种的密度轴线,在 6 万~9 万株/hm² 密度区间,各叶位光合速率差值大于 3 万~6 万株/hm² 密度区间的光合速率差值。密度增加在一定程度上减缓了植株衰老,密度越高,植株叶片衰老越慢。由于环境不断变化,叶位光合速率受到环境影响,使叶位光合速率趋势更加复杂。

在一定环境条件下,密度升高,群体叶面积系数逐渐增加,冠层底部光合有效辐射(下转第 17 页)

kg/m³;WR3 处理虽然 WUE 不高,但经济性较高;因此,在风沙区土壤保水性能较差的条件下,以追求粮食产量为目标时,微润灌溉灌水量以接近 75%ET 为宜;但产量提高的同时也增加了灌溉水的无效消耗,在以提高水分利用效率为目标时,该地区微润灌溉灌水量以接近 25%ET 为宜。

3 结 论

本文将微润灌溉技术在风沙区玉米种植中进行应用,对风沙区微润灌溉制度进行初步试验研究,可以得到以下结论。

3.1 微润灌溉灌水量对玉米营养生长的影响较小,当灌水量在 0.25ET ~ 1.25ET 之间变化时,株高、茎粗、LAI 和单株地上干物质重变幅均在 5% ~ 15% 之间。

3.2 穗长、穗粗、行粒数、百粒重、穗粒重和穗重均随着微润灌溉灌水量的增加先增大后减小,75%ET 时达到最高;行数受灌溉影响较小;秃尖长随着灌水量的增加先减小后增大的趋势。

3.3 玉米产量随着灌水量的增加呈“抛物线”型变化,灌水量近 75%ET 时可以获得最高产量;WUE 随着灌水量的增加也呈“抛物线”型变化,但

在试验设置的灌水量范围内,随灌溉的增加持续下降。

因此,综合考虑节水和增产效益,在风沙土壤使用微润灌溉技术种植玉米时,灌水量以接近 25% ~ 75% 玉米冠层蒸发量为宜。

参考文献:

- [1] 窦超银,李春龙,李光永,等.吸力式微润灌水器水力特性试验研究[J].灌溉排水学报,2012,31(4):83-86.
- [2] 胡小平,薛永祥.玉米单株叶面积的快速测定[J].玉米科学,1993,1(3):77-78.
- [3] Zhang Yongqiang, Eloise Kendy, Yu Qiang, et al. Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China Plain[J]. Agricultural Water Management, 2004(64): 107-122.
- [4] 蔡焕杰,邵光成,张振华.不同水分处理对膜下滴灌棉花生理指标及产量的影响[J].西北农林科技大学学报,2002,30(4):29-32.
- [5] 张 芮,成自勇,李有先.水分亏缺对膜下滴灌制种玉米生长及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(2):125-128.
- [6] 姚启伦,陈 秘.干旱胁迫对玉米地方品种苗期植株形态的影响[J].河南农业科学,2010(2):20-23,27.
- [7] 郑盛华,严昌荣.水分胁迫对玉米苗期生理和形态特性的影响[J].生态学报,2006(4):1138-1143.
- [8] 刘 伟,吕 鹏,苏 凯,等.种植密度对夏玉米产量和源库特性的影响[J].应用生态学报,2010,21(7):1737-1743.

(上接第 4 页)显著下降,叶片蒸腾速率下降,使 CO₂ 气孔导度下降,包间 CO₂ 浓度有所升高,叶片光合速率下降。植株下部叶片衰老较快,冠层底部空气流通缓慢,底部冠层光强较弱,所以 N5 光合速率最低,各光合因素变化更加显著。

种植密度对各产量要素有显著影响。在一定密度范围内,随着种植密度的增加,群体株数显著增多,植株个体茎粗减小,群体叶面积越大,叶面积系数升高,冠层底部光合有效辐射减少,光热资源被叶片大量吸收利用,增加了群体的光合产物,群体穗数显著增多,收获的群体产量显著增加。

参考文献:

- [1] 左振朋,孙庆泉,董鲁浩,等.爆、甜、糯玉米生育后期叶片光合特性的比较[J].作物学报,2009,35(10):1930-1935.
- [2] 左振朋,翟合生,王 婧,等.甜玉米和糯玉米生育后期光合

生理特性[J].山东农业科学,2008(3):51-53.

- [3] 孙加伟,赵天宏,付 宇,等.CO₂ 浓度升高对玉米叶片光合生理特性的影响[J].玉米科学,2009,17(2):81-85.
- [4] 陈得义,葛 超,赵成昊,等.不同品种春玉米光合生理特性密度效应研究[J].农业科技通讯,2012(1):35-38.
- [5] 姜琳琳,韩晓日,杨劲峰,等.施肥对不同密度型高产玉米品种光合生理特性的影响[J].沈阳农业大学学报,2010,41(3):265~269.
- [6] 孔 宇,王 霞,杨 亮,等.密度对饲用玉米光合特性和产量的影响[J].东北农业大学学报,40(3):16-20.
- [7] 姜 英,林叶春,许和水,等.两种 C₄ 作物不同叶位光合及叶绿素荧光特性比较[J].中国农业大学学报,2012,17(3):34-42.
- [8] 吕丽华,王 璞,易镇邪,等.密度对夏玉米品种光合特性和产量性状的影响[J].玉米科学,2007,15(2):79-81.
- [9] 段巍巍,李慧玲,肖 凯,等.密度对玉米光合生理特性和产量的影响[J].玉米科学,2007,15(2):98-101.