

文章编号:1003-8701(2014)05-0043-05

不同施肥模式下春玉米生育后期冠层结构及光合特性的研究

田立双 毕文波 杨恒山 张瑞富 刘畅

(内蒙古民族大学农学院 内蒙古 通辽 028042)

摘要:以郑单 958 为供试品种,研究了不同施肥模式对春玉米生育后期冠层结构及光合特性的影响。结果表明:不同施肥模式春玉米穗位、茎粗、茎基第二节节长和各叶位叶绿素含量均为高量施肥模式大于减量施肥模式。减量施肥模式棒三叶上和棒三叶叶倾角均高于高量施肥模式,而棒三叶下叶倾角反之。叶向值则表现为棒三叶和棒三叶上高量施肥模式均大于减量施肥模式,而棒三叶下叶向值与其相反。吐丝期和乳熟期春玉米净光合速率均表现为高量施肥模式高于减量施肥模式。

关键词:施肥模式;冠层结构;光合特性

中图分类号:S513.01

文献标识码:A

Studies on Canopy Structure and Photosynthetic Characteristics of Spring Maize at Late-Growth Stage under Different Fertilization Patterns

TIAN Li-shuang, BI Wen-bo, YANG Heng-shan, ZHANG Rui-fu, LIU Chang

(College of Agronomy, Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028042, China)

Abstract: Using Zhengdan 958 as material, the canopy structure and photosynthetic characteristics of spring maize at late-growth stage under different fertilization patterns were studied in the paper. The results showed that in different fertilization pattern spring maize ear, stem diameter, the second internodes length and chlorophyll content of each leaf were higher in high fertilization mode than reduced fertilizer pattern. In reduced fertilizer pattern leaf angle of ear leaves and above leaves was bigger than that of high fertilization mode, while leaf angle of under ear leaves is opposite. Leaf orientation value of the above ear leaves and three ear leaves of high fertilization mode was greater than that of reduced fertilization mode, while leaf orientation value under three ear leaves is opposite. Corn net photosynthetic rate of high fertilization mode in silking stage and milk stage was higher than reduced fertilization pattern.

Keywords: Fertilization patterns; Canopy structure; Photosynthetic characteristics

光合产物是作物子粒产量形成的物质基础,而光合产物又受冠层结构的制约,合理的冠层结构有利于提高群体光能截获率和光合速率^[1-6],实现作物高产^[7-8]。肥料的施用量是影响冠层结构

和光合特性的关键因素之一^[9-11]。研究表明,随着施肥量的提高,茎叶夹角、株高^[12]、叶面积指数和叶面积持续期^[13]均增大,叶片衰老延缓。适量供氮有利于光合速率和子粒产量的提高^[14]。因此,适量施肥水平是塑造高效冠层结构,提高冠层光合性能和后期干物质生产,从而提高产量的重要途径之一。本研究以超高产高量施肥栽培模式为对照,通过近几年高产高效栽培试验结果,优化肥料管理等措施,将农艺栽培与肥料运筹有机结合,以减量施肥高产高效栽培模式为基础,系统研究综合施肥模式对春玉米生育后期冠层结构及

收稿日期:2014-03-26

基金项目:国家科技支撑计划(2011BAD16B13);内蒙古自治区高等学校科学研究项目(NJZC13185);内蒙古民族大学科学研究基金资助项目(NMD1217);内蒙古民族大学科研创新团队支持计划(NMD1003)

作者简介:田立双(1978-),女,讲师,硕士,主要从事玉米高产栽培研究。

光合特性的影响,为春玉米高产高效生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验区自然概况

试验于2013年在地处西辽河平原的内蒙古民族大学实验农场(43°36'N,122°22'E)进行。试验地区为典型的大陆性季风气候,年均气温6.8℃,≥10℃的活动积温平均约3200℃·d,平均无霜冻期150d左右,近56年平均降水量为384.6mm。试验田土壤为灰色草甸土,播前耕层土壤养分状况为:土壤有机质含量15.1g/kg,全氮为0.87g/kg,碱解氮为54.25mg/kg,速效磷为10.63mg/kg,速效钾为78.68mg/kg,pH8.2。试验田具有井灌条件。

1.2 试验材料与试验设计

玉米供试品种为郑单958,由北京德农种业公司提供。试验设高量施肥模式(GLSF)和减量施肥模式(JLSF)两个处理,高量施肥模式采用通辽地区2009~2012年超高产田创建施肥量的平均值,减量施肥模式是根据课题组近几年玉米高产高效试验得出的推荐施肥量。两种施肥模式磷、钾肥一次性基施,氮肥:高量施肥分别在拔节期、大喇叭口期和吐丝期追施112kg/hm²、262kg/hm²和35kg/hm²,减量施肥分别在拔节期和大喇叭口期追施76kg/hm²和183kg/hm²。小区面积为60m²,3次重复,随机排列。试验田种植密度均为8.25万株/hm²,等行距(55cm)条播。生育期浇水4次,追肥结合浇水进行,其间铲草3次,中耕培土3次。试验设计方案见表1。

表1 田间试验方案

处理	种植密度 (10 ⁴ 株/hm ²)	施肥量(kg/hm ²)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
GLSF	8.25	474	170	248
JLSF	8.25	300	105	45

1.3 测定项目与方法

1.3.1 植株外部形态

分别在吐丝期和灌浆期测定株高、穗位高、茎基部第二节节长、茎粗。穗高系数=(穗位高/株高)×100;茎粗系数=[(D₁+D₂)/2]/株高×100,其中,D₁为茎基部第二节节间横截面最大直径;D₂为最小直径。

1.3.2 叶面积指数和群体光合势

分别在吐丝期(VT)和灌浆期(R3)测定单株叶面积,3次重复,单叶叶面积=长×宽×系数(系数为0.75~0.5);冠层光合能力(P_N×LAI)为P_N和同一处理LAI的乘积。

1.3.3 叶向值测定与计算

吐丝期和灌浆期将叶片分为3层,棒三叶为中层,其上为上层,其下4片叶为下层。根据公式计算叶向值,每重复5株,3次重复。计算公式为:

$$LOV = \sum_{i=1}^n \theta (L_i/L) / n$$

式中,θ为叶倾角,L_i为叶基部到叶片最高处的长度,L为叶片全长,n为叶片数。

1.3.4 光合速率

用美国产Li-6400型便携式光合测定系统分

别在吐丝期、灌浆期测定穗位叶8:00~18:00的光合速率(P_n),每次测10株,单位μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹。

1.3.5 产量及产量构成因素

各小区测产面积为30m²,人工脱粒后测鲜粒重和含水率,并折算成含水率为14%的产量。同时,查各测产区内有效穗数,并分别取10穗考种,测定穗长、穗粗、穗行数、行粒数、穗粒数,折算14%含水率下的干粒重。

1.4 数据处理与统计分析

用EXCEL软件进行数据处理与作图;用DPS等软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 冠层植株形态指标

由表2可见,高量施肥穗位、茎粗、茎基第二节节长均较减量施肥有所增加,其中茎基第二节节长高量施肥较减量施肥吐丝期和乳熟期分别高出28.44%和22.83%,差异达显著水平。株高减量施肥略高于高量施肥,差异不显著。高量施肥植株形态差异较大,穗高系数和茎粗系数均高于减量施肥。从生育进程来看,吐丝期二者植株形态指标均高于乳熟期。

2.2 冠层单株叶面积变化

表2 不同施肥模式对植株形态指标的影响

生育期	模式	株高(cm)	穗位(cm)	茎粗(cm)	茎基第二节节长(cm)	穗高系数	茎粗系数
VT	GLSF	288.20aA	151.60aA	2.61aA	10.53aA	52.68	0.9069
	JLSF	288.60aA	143.00aA	2.54aA	8.20bA	49.58	0.8796
R3	GLSF	292.00aA	147.00aA	2.60aA	8.50aA	50.07	0.8911
	JLSF	293.60aA	144.40aA	2.50aA	6.92bA	49.45	0.8522

注:数据后不同小、大写字母分别表示同一指标同一年度栽培模式间差异达 0.05、0.01 显著水平,下同

图 1 显示,不同施肥模式单株叶面积高量施肥吐丝期和乳熟期分别比减量施肥高 18.90% 和 0.21%。吐丝期高量施肥和减量施肥最大单叶叶面积分别位于穗下一片和穗位叶,最大叶面积层次为减量施肥(穗位层)高于高量施肥(穗下第 1 片

叶)。说明减量施肥穗位层的光截获能力增强,为穗位层光合作用提供了较为充足的光源,保证了穗位层叶片物质生产能力。乳熟期高量施肥和减量施肥最大单叶叶面积均位于穗下第二片叶。

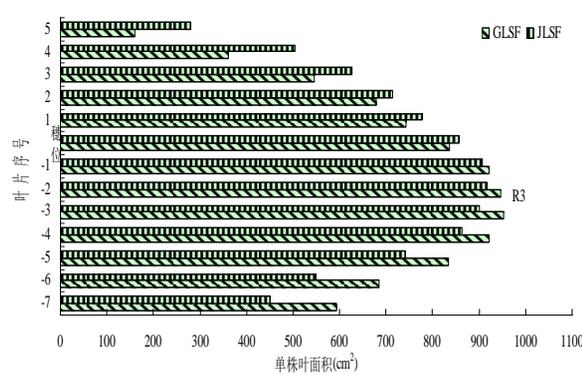
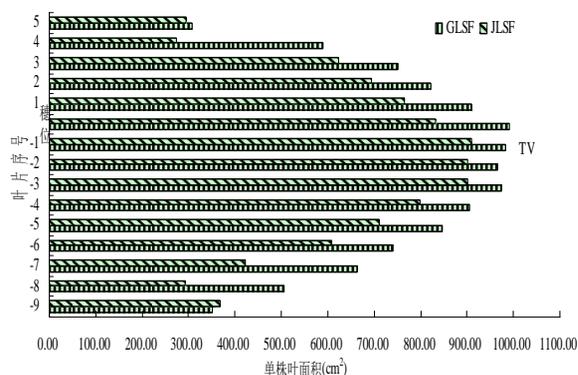


图 1 不同施肥模式对吐丝期和乳熟期冠层单株叶面积的影响

1、2、3……表示穗上叶片的序号;-1、-2、-3 表示穗下叶片的序号

2.3 冠层叶向值的变化

表 3 表明,减量施肥棒三叶上和棒三叶叶倾角均高于高量施肥,差异不显著,而棒三叶下叶倾角高量施肥显著高于减量施肥。叶向值则表现

为棒三叶和棒三叶上高量施肥均大于减量施肥,其中吐丝期棒三叶上差异达显著水平;棒三叶下减量施肥高于高量施肥,并在吐丝期差异达显著水平。

表3 不同施肥模式春玉米叶倾角和叶向值

生育期	模式	棒三叶上		棒三叶		棒三叶下	
		叶倾角(°)	叶向值	叶倾角(°)	叶向值	叶倾角(°)	叶向值
VT	GLSF	9.50aA	76.61aA	14.00aA	58.43aA	19.75aA	54.82bA
	JLSF	11.17aA	71.04bA	14.89aA	58.23aA	14.83bA	59.37aA
R3	GLSF	15.50aA	54.08aA	17.89aA	54.73aA	15.75aA	56.58aA
	JLSF	16.00aA	50.38aA	19.78aA	51.69aA	12.50bA	59.08aA

2.4 冠层叶绿素的变化

不同生育时期和层位春玉米叶片叶绿素含量均为高量施肥大于减量施肥(表 4)。其中吐丝期各层位叶片叶绿素含量高量施肥极显著高于减量施肥,乳熟期棒三叶下叶片叶绿素含量差异达显

著水平。高量施肥与减量施肥相比,吐丝期高量施肥增加了 11.88%(棒三叶上)、6.31%(棒三叶)、18.47%(棒三叶下);乳熟期高量施肥增加了 2.45%(棒三叶上)、0.37%(棒三叶)、6.34%(棒三叶下)。

表4 不同施肥模式玉米叶片叶绿素含量

ug/g

生育期	模式	棒三叶上	棒三叶	棒三叶下
VT	GLSF	1487.78aA	1592.18aA	1469.63aA
	JLSF	1329.79bB	1497.66bB	1240.47bB
R3	GLSF	1204.26aA	1150.61aA	1167.62aA
	JLSF	1175.46aA	1146.41aA	1098.05bA

2.5 冠层光合速率的变化

由表5可见,吐丝期和乳熟期春玉米净光合速率均表现为:高量施肥模式>减量施肥模式。吐丝期高量施肥显著高于减量施肥;乳熟期二者差异不显著。冠层光合能力是净光合速率与叶面积指数的综合反映。在吐丝期和乳熟期春玉米冠层光合能力均表现为高量施肥大于减量施肥,其

中吐丝期二者差异显著。从各生育期来看,吐丝期高量施肥冠层净光合速率和光合能力较减量施肥分别高8.39%、9.27%;乳熟期高量施肥冠层净光合速率和光合能力较减量施肥分别高4.51%和4.73%。高量施肥春玉米生育后期冠层光合能力强,是其高产的重要生理基础。

表5 不同施肥模式下春玉米净光合速率和冠层光合能力

模式	VT		R3	
	净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	冠层光合能力 ($\text{Pn} \times \text{LAI}$)	净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	冠层光合能力 ($\text{Pn} \times \text{LAI}$)
GLSF	29.11aA	218.07aA	18.69aA	140.58aA
JLSF	26.86bA	199.56bA	17.88aA	134.23aA

2.6 产量及其构成

由表6可见,高量施肥春玉米有效穗数、穗粒数、千粒重和实测产量均高于减量施肥。其中千粒重和理论产量高量施肥均显著高于减量施肥,

有效穗数和穗粒数处理间差异不显著。说明高量施肥较减量施肥产量的提高主要是源于子粒千粒重的增多。

表6 不同施肥模式春玉米产量及其构成

处理	有效穗数 (10^4 穗/ hm^2)	穗粒数(粒)	千粒重 (g)	理论产量 (t/hm^2)	实测产量 (t/hm^2)
GLSF	8.121aA	558.80aA	361.68aA	15.869aA	13.707aA
JLSF	8.066aA	555.40aA	325.34bA	14.575bA	13.270aA

3 讨论与结论

玉米产量的高低与群体的冠层功能密切联系,高效的冠层能增强植株的光合能力,生产较多的干物质^[15]。而肥料运筹是影响冠层结构特征和光合特性的因素之一。肥料运筹对玉米冠层的形态特征影响多集中在器官建成、株高、茎粗、叶面积大小等方面^[16-17]。本试验结果认为,不同施肥模式穗位、茎粗、茎基第二节节长随施氮量的增加均有所增加,表现为高量施肥大于减量施肥。其中茎基第二节节长高量施肥较减量施肥吐

丝和乳熟期分别显著高出28.44%和22.83%,株高变化二者不明显。叶面积表现为高量施肥大于减量施肥,并随生育期的延长二者均有所下降。另外穗下层叶面积/整株叶面积比例高量施肥增大为52.76%(吐丝期)、53.54%(乳熟期),减量施肥减小为52.68%(吐丝期)、48.73%(乳熟期);而穗位层叶面积/整株叶面积比例高量施肥减小为25.37%(吐丝期)、27.32%(乳熟期),减量施肥增大为27.47%(吐丝期)、27.94%(乳熟期)。说明减量施肥穗位层竞争减弱,穗下层叶面积较大弥补生育后期植株底层叶片的衰老带来的不利影响,

能够很好地解决高密度下穗位层郁闭,穗下叶片衰老快的问题。

有研究表明,玉米产量主要来源于吐丝后叶片的光合同化物,吐丝前同化物对子粒产量的影响小于10%^[18-19]。并且孙年喜^[20]等研究认为随着供氮水平的降低,叶绿素含量、净光合速率等光合指标逐渐下降。本试验结果认为:不同施肥模式各叶层叶片叶绿素含量吐丝期和乳熟期均随施氮量的增大而增大,吐丝期高量施肥增加了11.88%(棒三叶上)、6.31%(棒三叶)、18.47%(棒三叶下);乳熟期高量施肥增加了2.45%(棒三叶上)、0.37%(棒三叶)、6.34%(棒三叶下)。从各生育期来看,吐丝期高量施肥冠层净光合速率和光合能力较减量施肥分别高8.39%、9.27%;乳熟期高量施肥冠层净光合速率和光合能力较减量施肥分别高4.51%和4.73%。说明高量施肥模式春玉米生育后期冠层光合能力强,是其产量高于减量施肥模式的重要生理基础。

参考文献:

- [1] 董树亭,胡昌浩,岳寿松,等.夏玉米群体光合速率特性及其与冠层结构、生态条件的关系[J].植物生态学与地植物学学报,1992,16(4):372-379.
- [2] 郭江,肖凯,郭新宇,等.玉米冠层结构、光分布和光合作用研究综述[J].玉米科学,2005,13(2):55-59.
- [3] 吕丽华,陶洪斌,夏来坤,等.不同种植密度下的夏玉米冠层结构及光合特性[J].作物学报,2008,34(3):447-455.
- [4] 吕丽华,赵明,赵久然,等.不同施氮量下夏玉米冠层结构及光合特性的变化[J].中国农业科学,2008,41(9):2624-2632.
- [5] 吕丽华,王璞,鲁来清.不同冠层结构下夏玉米产量形成的源库关系[J].玉米科学,2008,16(4):66-71.
- [6] 杨吉顺,高辉远,刘鹏,等.种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响[J].作物学报,2010,36(7):1226-1233.
- [7] 张玉芹,杨恒山,高聚林,等.超高产春玉米冠层结构及其生理特性[J].中国农业科学,2011,44(21):4367-4376.
- [8] Louwersew, Zweerde V D. Photosynthesis, transpiration and leaf morphology of *Phaeolus vulgaris* and *Zea mays* grown at different irradiances in artificial and sunlight[J]. Photosynthetica, 1977, 11(1): 11-14.
- [9] 鱼欢,杨改河,王之杰.不同施氮量及基追比例对玉米冠层生理性状和产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):266-273.
- [10] 徐丽娜,黄收兵,陶洪斌,等.不同氮肥模式对夏玉米冠层结构及部分生理和农艺性状的影响[J].作物学报,2012,38(2):301-306.
- [11] 关义新,林葆,凌碧莹.光氮互作对玉米叶片光合色素及其荧光特性与能量转换的影响[J].植物营养与肥料学报,2000,6(2):152-158.
- [12] 于天江,张林,谷思玉,等.种植密度和施氮水平对东清一号青贮玉米生物产量及农艺性状的影响[J].中国农学通报,2005,21(11):161-164.
- [13] 郑毅,张立军,崔振海,等.种植密度对不同株型夏玉米冠层结构和光合势的影响[J].江苏农业科学,2010(3):116-118,121.
- [14] 沈秀瑛,戴俊英,胡安畅,等.玉米群体冠层特征与光截获及产量关系的研究[J].作物学报,1993,19(3):246-252.
- [15] 李瑞平,刘武仁,郑金玉,等.种植方式对玉米单株叶片光合性能及产量的影响[J].吉林农业科学,2013,38(3):9-11.
- [16] Ma B L, Dwyer L M, Gregorich E G. Soil N amendment effects on seasonal N mineralization and N cycling in maize production[J]. Agron J, 1999(91): 1003-1009.
- [17] 吕丽华,陶洪斌,王璞,等.种植密度对夏玉米碳氮代谢和氮利用率的影响[J].作物学报,2008,34(4):718-723.
- [18] Simmons S R, Jones R J. Contributions of pre-silking assimilate to grain yield in maize[J]. Crop Sci, 1985(25): 1004-1006.
- [19] Hashemi A M, Herbert S J, Putnam D H. Yield response of corn to crowding stress[J]. Agron J, 2005(97): 839-846.
- [20] 孙年喜,宗学风,王三根.不同供氮水平对玉米光合特性的影响[J].西南农业大学学报,2005,27(2):389-396.

《中国种业》

《中国种业》是由农业部主管,中国农业科学院作物科学研究所和中国种子协会共同主办的全国性、专业性、技术性种业科技期刊。

《中国种业》为月刊,大16开,每期8元,全年96元。国内统一刊号:CN 11-4413/S,国际标准刊号:ISSN 1671-895X,全国各地邮局均可订阅,亦可直接汇款至编辑部订阅,挂号需每期另加3元。邮发代号:82-132。

地址:(100081)北京市中关村南大街12号 中国种业编辑部

电话:010-82105796(编辑部) 010-82105795(广告发行部)

传真:010-82105796 网址:www.chinaseedqks.cn

E-mail: chinaseedqks@sina.com chinaseedqks@163.com