

文章编号: 1003-8701(2015)06-0005-04

基于冠层光资源高效利用的定向播种技术增产效应研究

杨粉团, 梁尧, 曹庆军, 姜晓莉, 李刚*

(吉林省农业科学院/农业部东北作物生理生态与耕作重点实验室, 长春 130033)

摘要:为明确定向播种技术对玉米冠层光资源利用及增产的效应, 设计了玉米种子不同入土方式以及不同品种移栽入土的试验, 研究了玉米生育期叶片空间布局, 冠层光能时空分布特征及产量性状, 结果表明使玉米叶片垂直于垄向, 即胚面平行于地面且朝上, 种子长轴方向垂直于垄向的种子入土方式, 或使叶片伸展方向垂直于垄向的定向移栽处理可以提高生育期群体对光能的截获, 达到光能优化配置在玉米群体穗位层及以上部位, 促进玉米叶片光合生产, 提高百粒重, 玉米增产 5% ~ 9%。

关键词: 光资源; 漏光率; 播种; 效应**中图分类号:** S314**文献标识码:** A

Studies on Yield Increase Effect of Oriented Planting Pattern Based on High Efficient Light Resource Utilization

YANG Fen-tuan, LIANG Yao, CAO Qing-jun, JIANG Xiao-li, LI Gang*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Crop Physiology Ecology and Cultivation, Ministry of Agriculture, Changchun 130033, China)

Abstract: In order to clarify the yield increase effect of oriented planting pattern, experimental treatments of different oriented initial seeds in sowing season with two varieties of maize were carried out in this study. Moreover, comparative tests of oriented transplanting and random transplanting pattern were arranged in the followed two years. Leaf spatial layout in the growth period, light spatial and temporal characteristics in the maize canopy structure and yield characters were studied. The results indicated that leaves tended to be more perpendicular to the direction of row in treatment with seeds embryo plane were paralleled to the ground and upward and the long axis of the seed was perpendicular to the row direction. The oriented transplanting pattern of keeping the leaves perpendicular to the row direction improved the light interception in the whole growth period. The light resource can be optimized at ear place and upper parts. Leaf photosynthetic production was promoted and 100-seed weight was increased. Finally, oriented planting pattern improved the maize yield by 5% to 9%.

Key words: Light resource; Light leakage rate; Sowing; Effect

玉米是吉林省第一大作物, 2014 年玉米产量 2733.5 万 t, 占全国玉米产量的 12.7%; 单产 7394.6 kg/hm², 比全国平均单产高 22.9%。宽窄行种植模式在当地显示出较大的增产效应^[1], 吉林省推广面积在逐年扩大。宽窄行种植模式在某种

意义上也是株行距搭配的一个实例, 不仅实现了田间光热资源的优化配置和产量的同步提升, 同时也是农机农艺结合的实例^[2]。现代农业机械的发展为农艺理论的实现提供了条件, 为宽窄行种植模式和定向播种结合的模式^[3-4]在玉米种植中的应用提供了可能。因此, 本文针对定向播种技术增产效应展开试验, 为农机农艺结合加速农业发展提供实践和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地点

收稿日期: 2015-08-13**基金项目:** 国家技术研究发展计划(863 计划)(2012AA10A501); 国家玉米产业技术体系(CARS-02-17)**作者简介:** 杨粉团(1979-), 女, 副研究员, 主要从事玉米栽培生理生态与农业信息化技术研究。**通讯作者:** 李刚, 男, 博士, 教授, E-mail: ligang6@yeah.com

研究区位于吉林省四平市梨树县金山乡(N43°34',E124°25')。该区属于中温带大陆性季风气候,海拔170 m,年平均气温4~6℃,≥10℃积温2860℃·d,无霜期140 d。年均降雨量560 mm,主要集中在6~9月。试验地土壤为黑土,0~20 cm土层含有机质25.9 g/kg、全氮1.7 g/kg、碱解氮141.6 mg/kg、有效磷29.0 mg/kg、速效钾169.0 mg/kg。

1.2 试验设计

试验进行了3年,均采用两个玉米品种(先玉335和吉单50,以下简称XY335和JD50)和宽窄行种植方式(宽行80 cm+窄行35 cm)。XY335直播及移栽密度均为7.5万株/hm²,JD50直播及移栽密度均为5.5万株/hm²,密度设计依据是在常规种植密度基础上增加10%。2012年设计了4种定向种子入土方式(表1),2013年采用定向移栽和随机移栽的设计,前两年均种植10大行10 m的小区进行试验。2014年采用了同2013年相同的移栽方式,每个处理面积增大为200 m²。基肥施用量为复合肥(N:P₂O₅:K₂O=23:10:12)600 kg/hm²,拔节期追肥量为尿素225 kg/hm²。

表1 试验处理简要说明

处理代号	操作方法
A	胚面平行于地面且朝上,种子长轴方向平行于垄向,种尖朝北
B	胚面平行于地面且朝上,种子长轴方向垂直于垄向,种尖朝东
C	胚面垂直于垄向且向北,种尖朝下
D	随机播种
定向移栽	第三片叶长轴方向垂直于垄向,朝向宽窄行的宽行
随机移栽	叶片朝向随机

2012年5月3日播种,9月28日收获;2013年育苗盘播种,5月29日(三叶期)移栽入大田,9月28日收获。2014年育苗盘播种,5月29日(三叶

期)移栽入大田,9月29日收获。

1.3 测试项目及方法

叶片空间朝向用自制方位测量尺测定,叶片方位角用叶基方位角代替,本文的叶基方位角为叶基部向叶尖方向延伸至1/3叶长内叶片中脉所处的方位角。测定时以该植株茎与地面的交点作为坐标原点,正北方向的东西各22.5°的45°范围标记为N,顺时针方向每过45°,依次标记为NE,E,SE,S,SW,W,NW。所测量单株1~15片叶的所有空间数据均代入分布概率的计算。

冠层光合有效辐射测定,选择天气晴好的日期,在试验区地块中部,采用英国Delta公司生产的SUNSCAN冠层分析系统进行测定。

1.4 数据分析

采用Excel 2003和SPSS 13.0软件处理数据。显著性差异采用方差分析中的LSD检验,显著水平分别为0.05和0.01。

2 结果与分析

2.1 玉米叶片空间分布与种植方式的关系分析

从两品种种子不同入土方式各处理间玉米叶片空间分布频率雷达图来看(图1),种子定向入土直播条件下,A入土方式品种JD50表现出较高的叶片南北伸展的概率,XY335表现不明显;B入土方式两品种叶片在东西方向上伸展均较明显;C入土方式XY335表现出较高的叶片南北伸展的概率,而JD50不突出。可以看出,叶片伸展的方向与种胚和种尖的朝向有直接的关系,当种子胚面为水平方向入土时,种尖的朝向为叶片伸展方向;当种子种尖朝下垂直入土时,种胚的朝向为叶片伸展的方向。叶片空间伸展方位受复杂条件影响,种子入土方式可以提高叶片朝向的排布规律,但同时在不同品种间也有差异,这种差异是否来自种植密度的不同,还有待进一步分析。

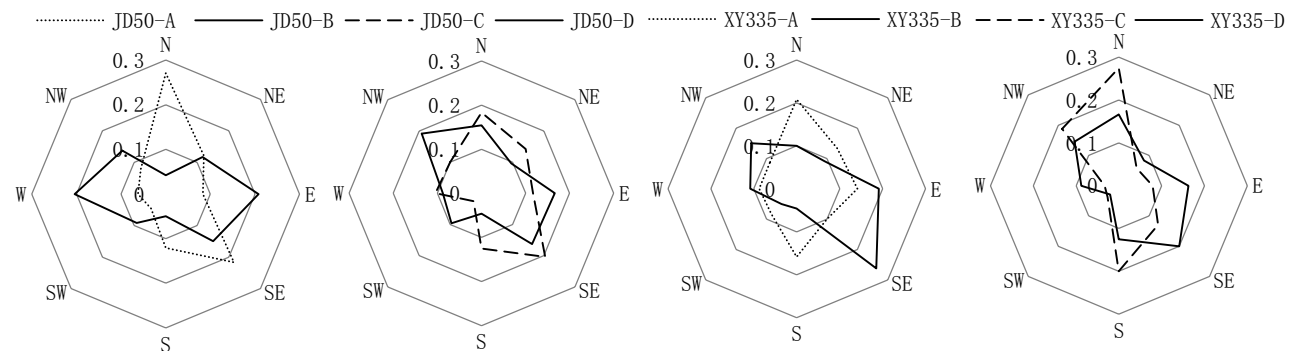


图1 玉米叶片空间朝向雷达图

2.2 定向种植模式对光能截获及分布的影响

从不同生育时期两品种群体漏光率数据(表2)来看,大喇叭口期,XY335随机移栽方式群体漏光率在3个测定时间均显著高于定向移栽处理,在10:00尤甚,群体漏光率达到23.96%,比定向移栽漏光率增加11.82个百分点。JD50定向移栽在3个时段的群体漏光率都显著低于随机移栽,同样在10:00达到17.7个百分点的差异值。从大喇叭口期总体数据来看,定向移栽和随机移栽比较,定向移栽可以显著降低群体漏光率,在10:00左右光合效率最高的时段,减少漏光率对增强叶片光合生产能力有显著的提高作用。

开花期和灌浆期均以10:00数据为例,可以看出,在生育后期整体的漏光率都较低,XY335随机移栽处理群体漏光率在两个生育期分别达到4.68%和10.55%,同时期的定向移栽处理仅为2.74%和3.02%;JD50随机移栽处理群体漏光率在两个生育期分别达到9.08%和9.42%,定向移栽处理仅为5.51%和3.14%。

综合三个生育期数据可以看出,定向移栽降低群体的漏光率,使光能更多地被群体截获和利用,在相同种植密度下,减少了光资源的浪费。对玉米叶片光合生产和物质积累有积极的意义。

表2 不同种植模式下群体漏光率 %

品种	栽植方式	大喇叭口期			开花期	灌浆期
		9:00	10:00	15:00	10:00	10:00
XY335	定向移栽	11.88	12.14	5.07	2.74	3.02
	随机移栽	16.41	23.96	7.90	4.68	10.55
JD50	定向移栽	13.98	18.94	12.05	5.51	3.14
	随机移栽	25.54	36.64	14.65	9.08	9.42

考察了灌浆期一天中6个时间段在冠层内随高度变化光合有效辐射量的分布情况(图2),10:00两品种随机移栽处理冠层内的光合有效辐射量随着高度的降低呈现直线下降的趋势,而在1.5 m高度

以上,定向移栽处理有急速下降的区段。根据2.1结果进行分析可知,该层叶片分布整齐有规律,对光合有效辐射量做到高效截获,而该位置也是穗位叶所在的高度,此种植方式,可以提高穗位

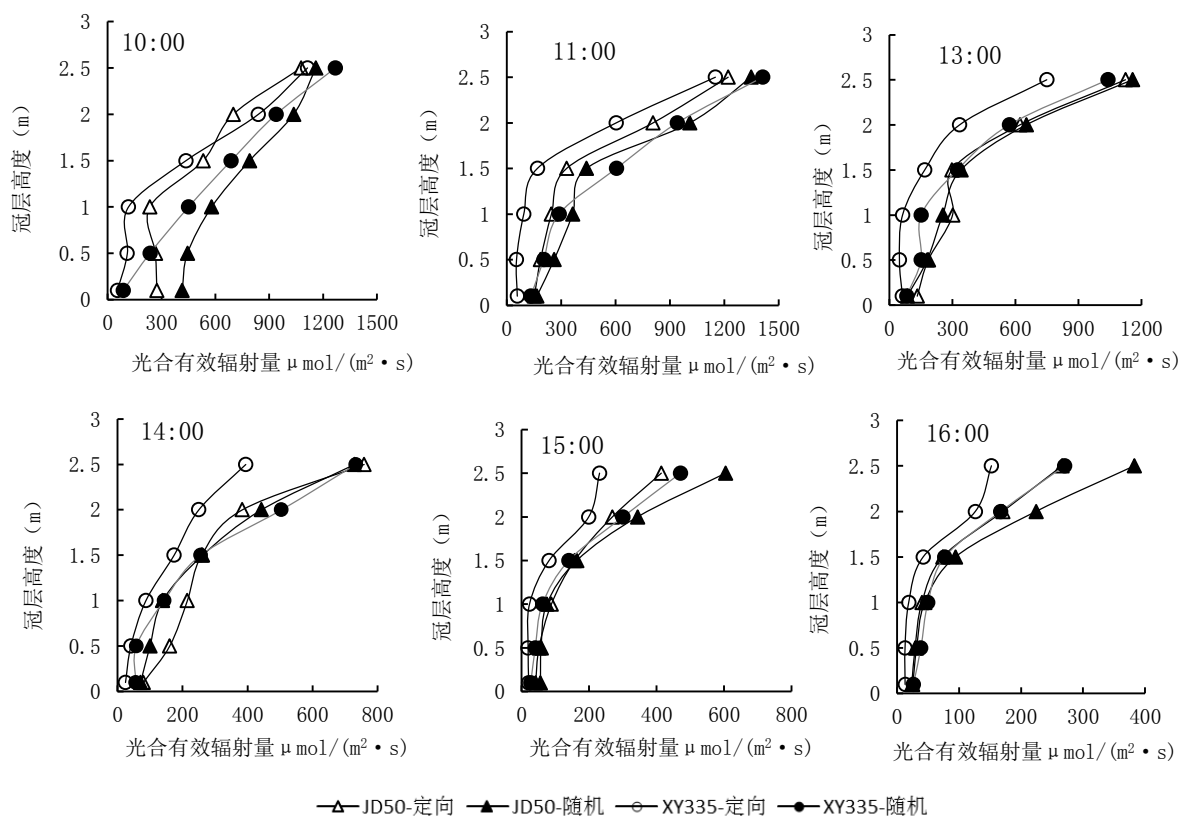


图2 定向种植模式对冠层光合有效辐射量分布的影响(灌浆期)

层及以上对光合有效辐射量的最大截获。纵观 6 个时段 1.0 m 以下各位置光合有效辐射量,定向移栽处理在 1.0 m 以下均为匀质的光能分布,而随机移栽处理的光合有效辐射量在此高度范围内仍然在逐渐减少而且在地面位置还有较高的漏光率。比较而言,定向移栽处理可以将光合有效辐射量高效的分布在 1.5 m 以上的部位。

11:00 两品种冠层内光合有效辐射量分布规律相同,定向移栽处理 1.5 m 以上光量减少剧烈,光照截获量在此高度范围内变化比随机移栽尤其明显,形成明显的“陡坡”形状,1.5 m 以下变化平缓。13:00 也有类似情形出现,而在 14:00 后的 3 个时段,光合有效辐射量急剧降低,冠层内光合有

效辐射量总量减少,各处理间分布未见明显差异。

2.3 定向种植对玉米产量的影响

3 年试验两品种各种种植方式处理的产量结果及产量构成因子如表 3 所示。2012 年定向处理产量数据采用 B 种子入土方式的结果,其余入土方式的产量数据均算作随机处理。从表 3 结果可知,JD50 定向处理在 2012 年和 2014 年产量均显著高于随机处理,最高增产幅度达到 9.04%,百粒重增加是增产的主要原因,其次是穗粒数的增加。总的来说 JD50 的增产幅度和增产年份均高于 XY335,可能 JD50 叶片半紧凑,其光资源分配对定向处理反应更敏感。各处理对有效穗长和穗粗的影响均未达到显著水平。

表 3 不同种植方式对玉米产量构成因子的影响

年份	处理	有效穗长 (cm)	穗粗 (mm)	穗粒数	百粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
2012 年	XY335 定向	15.8	46.8	505.5	34.0	11 087.2*
	XY335 随机	15.5	48.3	502.0	33.3	10 456.1
	JD50 定向	14.7	51.8	481.4*	41.3*	11 610.7*
	JD50 随机	14.5	52.9	457.4	38.8	10 647.8
2013 年	XY335 定向	17.0	49.9	531.4	31.9	9756.0
	XY335 随机	16.9	49.0	521.2	30.3	9300.3
	JD50 定向	16.9	57.1	521.2	41.4	9717.3
	JD50 随机	16.7	55.6	518.1	40.9	9470.4
2014 年	XY335 定向	16.4	47.6	577.7	34.7	12 233.7
	XY335 随机	17.2	48.2	551.1	33.8	11 696.0
	JD50 定向	16.5	54.8	580.6	40.4*	12 653.7*
	JD50 随机	16.4	55.0	578.0	37.7	11 643.9

注:*表示在同一年份相同品种间差异达到 0.05 的显著水平

3 结 论

定向处理通过影响个体发育和田间小气候资源分布,进而影响着玉米产量。株行距配置在中后期可以构建出合理的冠层结构,而合理的冠层结构有利于构建高产群体^[5-9]。本试验通过 3 年定向播种及定向移栽试验,从种子入土方式对叶片空间分布的影响,群体漏光率及光能在群体内随时间和空间的变化规律等方面入手,探析玉米定向播种增产效应,结果表明,种子定向入土方式在一定程度上决定了叶片空间分布及走势,通过特定方向的种子入土方式控制,可以达到预期的空间分布规律,为光能在玉米冠层合理分布提供了可能。结合机械实现的可行性确定了胚面平行于地面且朝上,种子长轴方向垂直于垄向的方式为直播种子入土方式,可以达到生育期叶片朝垄

间生长,不出现相互拥挤遮阴的现象。

定向种植方式主要提高了群体对光能的截获能力,大喇叭口期 3 个测量时段随机移栽处理群体漏光率达 7.09%~36.64%,而同期定向移栽群体漏光率仅为 5.07%~18.94%;生育后期的开花期和灌浆期,随机移栽漏光率在 10% 左右,而定向移栽可以将漏光率控制在 3.0%~5.5% 之间。定向移栽可以提高全生育期群体对光能的截获。此外从光在群体的时空分布来看,定向种植方式可以提高 10:00 时段,穗位层 (1.5 m) 及以上部位对光合有效辐射量的吸收,从而提高叶片光合生产能力,增加百粒重,进而提高产量。对 3 年试验产量考查结果表明,仅 2013 年增产在 5% 以下且未达到差异显著性水平,在 2012 年和 2014 年增产幅度在 5%~9% 之间。

(下转第 12 页)

3 讨 论

通过不同盐碱处理下水稻品种特优 12 转录组测序分析,初步研究了该品种盐碱胁迫下的差异表达基因和基因表达模式。研究发现,低浓度盐碱处理后基因表达数量呈现下降趋势,随着盐碱浓度的升高,表达基因数目有所上升。可能由于高低浓度盐碱处理下,参与特优 12 体内盐碱代谢的基因有所不同。

对差异表达基因进行了功能分类和注释。结果表明特优 12 在盐碱胁迫下差异表达基因主要参与了氧化还原反应,渗透逆境响应,逆境胁迫响应,氧化胁迫响应,次生代谢途径,刺激响应,盐胁迫响应,化学刺激响应,非生物刺激响应等途径。

本研究通过对水稻品种特优 12 在不同盐碱处理下的差异基因表达模式分析及功能注释,研究了特优 12 在盐碱胁迫处理下的基因表达特点以及差异基因主要参与的代谢途径,初步探究了该品种的盐碱胁迫反应机制,下一步仍需对表达差异显著的基因进行定量及转基因验证,更好地确定其盐碱胁迫响应机理。

参考文献:

- [1] 杨 福,梁正伟,王志春,等.盐碱胁迫下水稻齐穗期剑叶光响应特性的研究[J].吉林农业科学,2005,30(5):7-10.
- [2] 杨 闯,尚丽霞,李淑芳,等.水稻耐盐转基因研究进展[J].吉林农业科学,2010,35(5):21-26.
- [3] 刘 静,王庆祥.NaCl 和 NaHCO₃ 胁迫对玉米幼苗根系的影响[J].杂粮作物,2010,30(1):19-21.
- [4] 刘 莹,盖钧镒,吕慧能.作物根系形态与非生物胁迫耐性关系的研究进展[J].植物遗传资源学报,2003,4(3):265-269.
- [5] Lacan D, Durand M. Na⁺ and K⁺ transport in excised soybean

roots[J]. Physiol Plant, 1995,93(1): 132-138.

- [6] Sultana N, Ikeda T, Itoh R. Effect of NaCl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains[J]. Environ Exp Bot, 1999, 42(99): 211-220.
- [7] Abdullah Z, Khan M A, Flowers F J. Causes of sterility in seed set of rice under salinity stress[J]. J Agron & Crop Sci, 2001, 187(1): 25-32.
- [8] Zeng L, Shannon M C. Salinity effects on the seedling growth and yield components of rice[J]. Crop Sci, 2000, 40(4): 996-1003.
- [9] Walia H, Wilson C, Zeng L, et al. Genome-wide transcriptional analysis of salinity stressed japonica and indica rice genotypes during panicle initiation stage[J]. Plant Mol Biol, 2007, 63(5): 609-623.
- [10] Rao P S, Mishra B, Gupta S R, et al. Reproductive stage tolerance to salinity and alkalinity stresses in rice genotypes[J]. Plant Breed, 2008,127(3): 256-261.
- [11] Hu S K, Tao H J, Qian Q, et al. Genetics and molecular breeding for salt-tolerance in rice[J]. Rice Genomics Genet, 2012, 3(7): 39-49.
- [12] Ren Z H, Gao J P, Li L G, et al. A rice quantitative trait locus for salt tolerance encodes a sodium transporter[J]. Nat Genet, 2005, 37(10): 1141-1146.
- [13] Claes B, Dekeyser R, Villarreal R, et al. Characterization of a rice gene showing organ-specific expression in response to salt stress and drought[J]. Plant Cell, 1990, 2(1): 19-27.
- [14] Cai H W, Morishima H. QTL clusters reflect character associations in wild and cultivated rice[J]. Theor Appl Genet, 2002, 104(8): 1217-1228.
- [15] Yamaguchi S K. A novel cis-acting element in an Arabidopsis gene is involved in responsiveness to drought, low-temperature or high-salt stress[J]. Plant Cell, 1994, 6(2): 251-264.
- [16] Dubouzet J G, Sakuma Y, Ito Y, et al. OsDREB genes in rice, *Oryza sativa* L., encode transcription activators that function in drought-, high-salt and cold-responsive gene expression[J]. Plant J, 2003, 33(4): 751-763.

(责任编辑:姜晓莉)

(上接第 8 页)

参考文献:

- [1] 刘武仁,郑金玉,罗 洋,等.玉米宽窄行种植技术的研究[J].吉林农业科学,2007,32(2):8-10,13.
- [2] 李纪岳,陈 志,杨敏丽,等.基于农机农艺结合的玉米生产机械化系统研究[J].农业机械学报,2012,43(8):83-88.
- [3] 杨粉团,曹庆军,姜晓莉,等.玉米种子定向入土方式与叶片空间分布关系[J].浙江农业学报,2015,27(3):406-411.
- [4] 杨粉团,曹庆军,梁 尧,等.玉米定向栽植模式下冠层结构及光能分布特征研究[J].广东农业科学,2015(12):33-37.
- [5] 王 波,余海兵,支银娟.玉米不同种植模式对田间小气候和产量的影响[J].核农学报,2012,26(3):623-627.

- [6] 齐 华,梁 熠,赵 明,等.栽培方式对玉米群体结构的调控效应[J].华北农学报,2010,25(3):134-139.
- [7] 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.
- [8] 张邦琨,张 璐,陈 芳,等.不同生态玉米高产群体的小气候效应分析[J].山地农业生物学报,1998,17(5):267-273.
- [9] 宋 伟,赵长星,王月福,等.不同种植方式对花生田间小气候效应和产量的影响[J].生态学报,2011,31(3):7188-7195.

(责任编辑:范杰英)