

氮肥对夏玉米群体构建及光合特性的影响

张丽丽¹, 王 璞², 杨海龙¹, 付 俊¹, 景希强¹

(1. 丹东农业科学院 辽宁 凤城 118109; 2. 中国农业大学 农学与生物技术学院 北京 100193)

摘要:以郑单 958 为材料,研究不同施肥时期对穗位上平均叶夹角、叶向值、叶面积指数等植株冠层形态指标与叶片净光合速率、叶绿素 SPAD 值等光合性能的影响,是通过氮肥调控,构建高效冠层。结果表明:施氮量为 180 kg/hm² 时氮肥一次性基施的处理和施氮量为 75 kg/hm² 时氮肥 8 叶展一次性施入的处理穗位上叶夹角较小,茎粗相对适中,叶向值较大,吐丝期和灌浆中期单株叶面积较大,叶面积指数发展动态合理,符合高产玉米植株形态特征,同时叶片 SPAD 值较大,并且在灌浆中期中上层叶片净光合速率下降较少。说明施肥过早或过晚均不利于冠层结构的优化从而影响植株的光合性能。

关键词:夏玉米;冠层构建;叶向值;光合速率

中图分类号:S143.1 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2013)增刊-0332-05

Effects on Canopy Building and Photosynthesis Traits of Summer Maize

ZHANG Li-li¹, WANG Pu², YANG Hai-long¹, FU Jun¹, JING Xi-qiang¹

(1. DanDong Academy of Agriculture Science, Fengcheng 118109, China;

2. College of Agriculture and Biotechnology of China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract: In this study, different N application timing and levels were applied for understanding the effects on maize canopy structure and photosynthesis traits. The results showed that: canopy structure indexes(leaf angle above ear layer, LOV, and LAI, etc.) , photosynthesis capability indexes(Pn) of ear layer could be used as standards for the evaluation of high yielding canopy structure. The nitrogen application affected those indexes. When nitrogen fertilizer application rate was 180 kg/ha, it should be applied before sowing as basal fertilizer, by which leaf angle above the ear was smaller, LAI in the prophase increased faster while reduced slower after silking stage, and LOV and Pn were larger in the silking stage. When the nitrogen fertilizer rate was 75 kg/ha, 8-leaf stage was suitable for achieving good canopy structure. Under N amount of 75 kg/ha, leaf angle above the ear was smaller, while LOV was larger and LAI was ideal, and thus Pn was high, therefore this canopy structure was highly efficient.

Key words: Summer Maize; Canopy structure; Leaf oriented value(LOV); Photosynthesis

作物冠层结构是作物地上部分各器官的数量及其空间分布状态,由群体几何形态、数量和空间散布三方面性状组成,包括株型、叶面积指数、叶片的形状和大小、茎叶夹角、叶向值(LOV)等^[1-2]。冠层结构不仅直接影响着作物对太阳光的截获量,而且通过影响冠层内水、热、气等微环境最终影响着群体的光合效率和作物产量^[1-3]。冠层功能既受作物自身遗传特性与生理生化过程的影响^[4],也受诸如品种^[5]、气候^[6-7]、栽培措施^[8-9]等因素的影响。其中氮素是重要因素之一。氮素对冠层内的叶片形态、

倾角、透光系数、消光系数和叶片分布均有不同程度的影响^[3]。通过氮肥调控,冠层结构,构建光能高效群体,是实现玉米产量提高的重要手段。本试验通过不同时期施氮,调控和构建玉米冠层,从而提高植株光合性能,为实现玉米高产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 田间试验设计

本试验选择玉米品种郑单 958 为材料,试验地处于北京市海淀区中国农业大学上庄实验站。试验

收稿日期:2013-09-22

基金项目:国家玉米产业技术体系(CARS-02-35)

作者简介:张丽丽(1983-),女,内蒙古兴安盟人,助理研究员,硕士,主要从事玉米高产栽培与资源高效利用研究。

通讯作者:景希强(1957-),男,辽宁凤城人,研究员,主要从事玉米育种研究。

地 0 ~ 20 cm 土层中全氮 0.968 1 mg/g ,有效磷 11.4 mg/g ,速效钾 25.05 mg/g ,有机质 28.85 mg/g; 20 ~ 40 cm 分别为 0.623 4 ,3.62 ,15.7 ,25.25 mg/g。供试氮肥为尿素(含 N 46%) ,2 个施氮量 ,75 ,180 kg/hm²; 3 个施氮时期为 ,基施、拔节期、大喇叭口期。密度为 82 500 株/hm² ,行距 60 cm。6 月 9 日等行距穴播 ,10 月 9 日收获。磷肥(P₂O₅)、钾(K₂O) 肥基施 ,用量分别为 150 ,120 kg/hm²(表 1)。试验采

取随机区组设计 ,6 个处理 ,3 次重复 ,小区面积为 48 m²(8 m×6 m) 。

1.2 测定方法及计算公式

叶绿素相对含量(SPAD 值) : 分别在吐丝期、灌浆中期(吐丝后 25 d) ,采用日本美能达公司产手持式 SPAD-502 型叶绿素计测定穗位叶、穗位叶以下第 3 叶和穗位叶以上第 3 叶的 SPAD 值 ,每叶测定 10 点 ,每个小区测定 3 株。

表 1 各处理的施氮量及施氮时间

Tab.1 Nitrogen supply rate and fertilize time of different treatments					kg/hm ²
施氮量 Nitrogen rate	处理代号 Rode	基肥 Sowing stage	拔节期 8-leaf	大喇叭口期 12-leaf	
N180	N180A	180	0	0	
	N180B	0	180	0	
	N180C	0	0	180	
N75	N75A	75	0	0	
	N75B	0	75	0	
	N75C	0	0	75	

净光合速率(P_n) : 分别在吐丝期和灌浆中期 ,用美国产 LI-6400 型便携式光合测定系统测定穗位叶、穗位叶以下第 3 叶和穗位叶以上第 3 叶 ,单位 μmol/(m²·s) 。

叶向值: 吐丝后 10 d 分别测定穗位叶、穗位叶以下第 3 叶和穗位叶以上第 3 叶。
根据公式计算叶向值。

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

式中: θ 为叶倾角 ,L_f 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 数据分析

采用 Excel 2010 处理数据 ,SAS 9.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 氮肥对夏玉米植株形态特征的影响

表 2 表示出不同施肥时期对夏玉米植株形态特

征的影响。株高表现为 N180A > N180B > N180C , N75B > N75A > N75C ,各处理间穗位高度差异较小。穗位上叶夹角表现为 N180C > N180B > N180A , N75C > N75A > N75B。施氮对穗上茎节间长影响不大 ,各处理间差异较小。吐丝期和成熟期单株叶面积表现为 N180A > N180B > N180C ,N75B > N75A > N75C ,且在成熟期各处理间差异较明显。这说明在施氮量为 180 kg/hm² 条件下 ,氮肥一次性基施能够减小穗位上叶夹角 ,增加茎粗及穗上每节长 ,增加吐丝期叶面积并减缓绿叶面积的下降 ,有利于构造合理的冠层结构 ,改善冠层内光分布情况从而促进产量的提高。施肥过晚则造成穗位上叶夹角增大 ,冠层结构不合理 ,吐丝期后单株叶面积下降过于迅速 ,不利于产量的提高。在施氮量 75 kg/hm² 条件下 ,在 8 叶展一次性施肥效果与 N180A 处理相类似 ,均有利于构建合理的冠层结构从而促进产量的增加。

表 2 不同施氮时期下夏玉米植株形态特征

Tab.2 Plant character under different nitrogen application time							
处理 Treatment	穗位高/cm Ear height	株高/cm Plant height	穗位上叶夹角/° Leaf angle of above ear	茎粗/cm Stem dia-meter	穗位上每节长/cm Internode length above ear	吐丝期单株叶面积/m ² Leaf area per plant at silking	成熟期单株叶面积/m ² Leaf area per plant at maturity
N180A	107.4	254.8	12.3	3.8	17.2	0.646	0.173
N180B	106.3	254.6	12.4	3.6	17.1	0.629	0.162
N180C	106.7	248.8	13.3	3.6	16.9	0.591	0.155
N75A	112.5	259.6	13.3	3.7	17.0	0.616	0.150
N75B	113.8	258.0	12.1	3.8	17.0	0.628	0.168
N75C	109.9	248.5	13.5	3.6	16.7	0.605	0.148

2.2 氮肥对夏玉米叶面积发展动态的影响

各处理叶面积指数表现一致,均在生育期内呈抛物线变化。随生育时期的推进而不断增大,到吐丝期达到最大,之后逐渐下降。8 叶展各处理间 LAI 差异较小;12 叶展开始各时期 N180 处理均表现为 N180A > N180B > N180C,并随生育进程的推进这一趋势越来越明显;N75 处理在 12 叶展表现 N75A > N75C > N75B;吐丝期及以后则表现为 N75B > N75A > N75C,并在生育后期趋势明显。

叶片是植株进行光合作用的主要器官,玉米 95% 的干物质是由叶片生产的。在一定程度上叶面积的大小决定了玉米物质生产能力。对产量与不同生育期 LAI 进行相关性分析,结果表明产量与叶面积指数呈正相关,在施氮量为 180 kg/hm² 时,氮肥

一次性基施既能够满足植株前期生长对氮素的需求,又能供应植株后期快速生长期氮素的吸收,有效增加了叶面积,并减缓叶面积指数的下降,为植株物质生产提供了基础。8 叶展氮肥一次性基施对植株的影响与一次性基施处理相类似,但效果不如一次性基施的处理明显。在 12 叶展一次性施肥,由于植株前期一直处于缺氮状态,此时再增加氮素供应亦无法弥补前期缺氮对植株造成的胁迫。在施氮量为 75 kg/hm² 时,由于施氮量较小,氮肥一次性基施造成植株后期缺氮,12 叶展一次性施肥同 N180C 表现一致,均不能弥补植株前期缺氮的胁迫效应。8 叶展施肥,既缓解了植株前期的缺氮胁迫效应又满足了后期植株氮素的吸收需求,是低氮条件下较为合理的施肥方式(表 3)。

表 3 氮肥对夏玉米叶面积指数动态的影响

Tab.3 Effects of different nitrogen application time on leaf area index(LAI) of summer maize

处理 Treatment	8 叶展 8-leaf	12 叶展 12-leaf	吐丝期 Silking	灌浆中期 Mid-filling	成熟期 Maturity
N180A	1.10	4.47	5.46	4.48	1.93
N180B	1.02	4.40	5.39	4.42	1.82
N180C	1.14	3.93	5.08	4.15	1.69
N75A	1.18	4.44	5.11	4.32	1.82
N75B	1.10	3.83	5.21	4.47	1.84
N75C	1.12	3.93	5.09	4.14	1.62

2.3 氮肥对夏玉米叶夹角及叶向值的影响

叶向值是表示植株叶片上冲程度的指标,叶向值越大叶片越上冲,叶向值越小叶片越下披。叶向值表现为穗上层 > 穗中层 > 穗下层。施氮对穗中层叶向值影响较小,对穗上层和穗下层影响较为明显。施氮量为 180 kg/hm² 的处理各层叶向值均表现为 N180A > N180B > N180C,且 N180A 与 N180B 相差

较小,与 N180C 相差较大;施氮量为 75 kg/hm² 的处理各层叶向值均表现为 N75B > N75A > N75C,且 N75A 与 N75B 相差较小,与 N75C 相差较大。说明施氮为 180 kg/hm² 氮肥一次性基施和施氮量为 75 kg/hm² 时氮肥 8 叶展一次性施用均有利增加植株的叶向值,使叶片直立,改变下部透光条件,从而有利于构建合理的冠层结构(表 4)。

表 4 施氮时期对叶向值的影响

Tab.4 Effects of different nitrogen fertilizers application time on leaf orientation rate(LOV)

处理 Treatment	穗下层 The under ear layer	穗中层 The ear layer	穗上层 The above ear layer
N180A	50.1a	60.6a	73.1a
N180B	49.2a	59.9a	72.3b
N180C	46.8b	58.9a	72.0b
N75A	49.6a	58.4ab	69.9ab
N75B	49.7a	59.3a	70.1a
N75C	48.9ab	58.2ab	68.1b

2.4 氮肥对夏玉米净光合速率

图 1 可以看出,各处理净光合速率均表现为穗上层 > 穗中层 > 穗下层,吐丝期 > 灌浆中期。N180 处理吐丝期各层均表现为 N180A > N180B > N180C,灌浆中期穗上层和穗中层表现为 N180A > N180B > N180C,穗下层表现为 N180B > N180A >

N180C。N75 处理吐丝期各层均表现为 N75B > N75A > N75C,灌浆中期穗上层和穗中层表现为 N75B > N75A > N75C,穗下层表现为 N75B > N75C > N75A。施氮为 180 kg/hm² 时,一次性基施增加吐丝期各层净光合速率,并且减缓灌浆中期净光合速率的下降,但灌浆中期下层略小于 8 叶展施肥的处理。

施氮为 75 kg/hm^2 时, 一次性基施容易造成后期氮素供应不足, 吐丝期各层净光合速率均低于 8 叶展施肥的处理, 在灌浆中期表现更为明显, 而氮肥在

12 叶展一次性施入的处理由于前期长期缺氮已造成对植株生长的不良影响, 12 叶展施入氮肥对前期迫害的缓解作用不大。

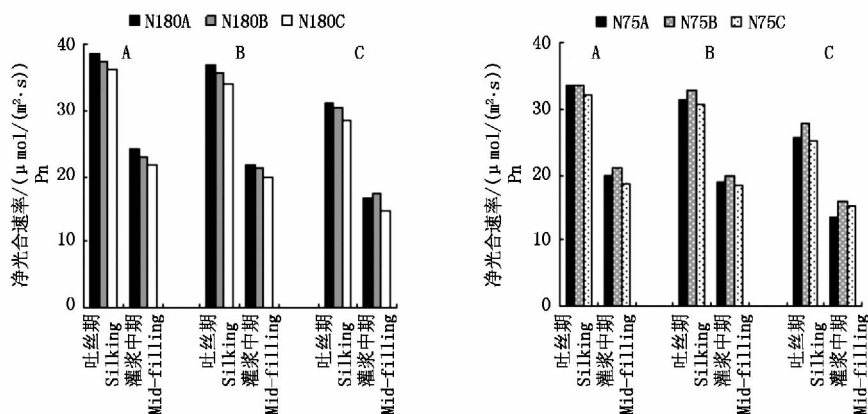


图1 施肥时期对夏玉米穗位叶以上第3叶(A)、穗位叶(B)和穗位叶以下第3叶(C) Pn 的影响

Fig.1 The net photosynthetic rate of the third leaf above ear(A), ear leaf(B) and the third leaf under ear(C) of summer maize under different N application time

2.5 氮肥对夏玉米叶片 SPAD 值的影响

图2 表示不同施肥时期对植株叶片 SPAD 值的影响, SPAD 值表现为穗位层 > 穗上层 > 穗下层, 灌浆中期 > 吐丝期。N180 处理吐丝期和灌浆中期各层均表现为 $N180A > N180B > N180C$, 其中 N180A

和 N180B 差异较小, 并明显大于 N180C; N75 处理吐丝期及灌浆中期各层均表现为 $N75B > N75A > N75C$, 其中 N75A 和 N75B 差异较小并且显著大于 N75C, 穗下层表现尤为明显。

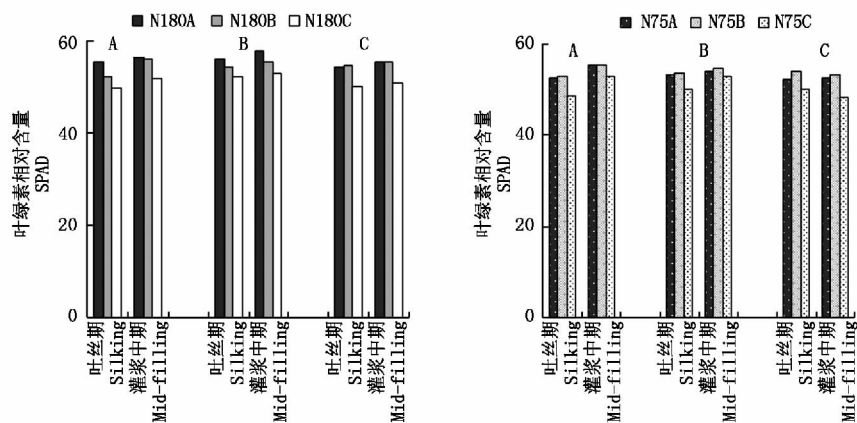


图2 施肥时期对夏玉米穗位叶以上第3叶(A)、穗位叶(B)和穗位叶以下第3叶(C) SPAD 值的影响

Fig.2 SPAD value of the third leaf above ear(A), ear leaf(B) and the third leaf under ear(C) of summer maize under different N application time

净光合速率表现为穗上层大于穗位层大于穗下层, 吐丝期大于灌浆中期, 叶片 SPAD 值表现为穗位层大于穗上层大于穗下层, 灌浆中期大于吐丝期, 这说明净光合速率受叶绿素含量影响, 但并不完全取决于叶绿素值。

3 讨论

株型、叶面积指数、叶片的形状和大小、茎叶夹角、叶向值(LOV)等可以作为评价冠层结构合理与否的指标^[1,10-14]。比较不同施肥时期对植株形态

影响, 在施氮量为 180 kg/hm^2 时氮肥一次性基施的处理穗位上叶夹角较小, 茎粗相对适中, 叶向值较大, 吐丝期和灌浆中期单株叶面积较大, 叶面积指数发展动态合理, 符合高产玉米植株形态特征。N180B 和 N180C 处理叶片松散, 穗位上夹角增大, 叶向值较小, 后期叶面积指数下降过快, 下部叶片早衰, 不利于冠层内光能的分配。施氮量为 75 kg/hm^2 时, 8 叶展一次性施肥的处理植株形态与施氮量为 180 kg/hm^2 时氮肥一次性基施的处理相类似, 冠层结构较为合理。因此, 在施氮量为 180 kg/hm^2 时氮肥一次性基施有利于构建合理的冠层结构, 在施氮

量为 75 kg/hm² 时 8 叶展一次性施用有利于构建合理的冠层结构。

叶绿素是玉米进行光合作用的物质基础,光合作用是玉米物质积累的途径,叶绿素含量的高低和净光合速率 P_n 的大小在一定程度上可以反映植株物质生产能力的强弱。同一施氮量下施肥时期不同对玉米冠层内不同层次叶片 SPAD 值和净光合速率有很大影响。在施氮量为 180 kg/hm² 时氮肥一次性基施的处理 N180A 在吐丝期净光合速率高,叶片 SPAD 值较大,并且在灌浆中期中上层叶片净光合速率下降较少,由于施肥时期较早,下层叶片净光合速率略低于 N180B, N180B 虽然在灌浆中期下层叶片光合性能优于 N180A,但在前期表现较 N180A 差, N180C 由于施肥较晚生育前期缺氮,在整个生育期光合性能均较其他处理较差。施氮量为 75 kg/hm² 时 8 叶展一次性施肥的处理,光合性能较好,施肥过早或过晚均影响植株的光合性能。

参考文献:

- [1] 李少昆,王崇桃.作物株型和冠层结构信息获取与表述的方法(综述)[J].石河子大学学报:自然科学版,1997,3(1):250-256.
- [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] 谭昌伟,王纪华,黄文江,等.不同氮素水平下夏玉米冠层光辐射特征的研究[J].南京农业大学学报,2005,28(2):12-16.
- [4] 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(1):30-35.
- [5] 黄高宝,张恩和,胡恒觉.不同玉米品种氮素营养效率差异的生态生理机制[J].植物营养与肥料学报,2001,7(3):293-297.
- [6] 于吉琳,齐华,张振平,等.深松与播期对玉米冠层结构及产量性状的影响[J].玉米科学,2013(3):94-99.
- [7] 田志刚,田俊芹,曹治彦,等.播种期对夏玉米产量及主要性状的影响[J].河北农业科学,2006(4):14-15.
- [8] 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.
- [9] 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(9):2624-2632.
- [10] 薛吉全,梁宗锁,马国胜,等.玉米不同株型耐密性的群体生理指标研究[J].应用生态学报,2002(1):55-59.
- [11] 梁素明,王爱萍,任海娥,等.不同株型玉米品种密度制约对源库形成与产量的影响[J].山西农业科学,2013,41(7):686-692,715.
- [12] 彭勃,张宝石,杨一,等.玉米株型育种及其主要性状遗传基础研究进展[J].河南农业科学,2007(3):14-18.
- [13] 郭江,郭新宇,郭程瑾,等.密度对不同株型玉米群体结构的调控效应[J].华北农学报,2008,23(1):149-153.
- [14] 安宏明,杨浩文,王红晶,等.竞争对不同基因型玉米产量及氮素含量的影响[J].天津农业科学,2011,17(2):1-4.