

紧凑型夏玉米群体光合特性 与产量关系分析

崔彦宏 罗蕴玲 李伯航

(河北农业大学,保定 071001)

Relations of Grain Yield and Photosynthetic Characteristics on Upright-leaf Summer Corn (*Zea mays* L.)

Cui Yanhong Luo Yunling Li Bohang

(Department of Agronomy, Agricultural University of Hebei, Baoding, China 071001)

Abstract: In this paper, the relations of mass accumulation, grain yield and yield components with photosynthetic characteristics during different development stages were analysed by using Gray Relation Analysis. The results showed that grain yield was closely related to LAI (Leaf Area Index) before silk emergence, and then mass accumulation had the strongest effect on grain yield. Among the photosynthetic characteristics, LAI was the most important factor in determining mass accumulation at every development stage. The most effective stage in which LAI, LAD (Leaf Area Duration) and NAR (Net Accumulation Rate) had effects on grain yield was in about 15 days after silking stage. Relations of yield components and photosynthetic characteristics were also analysed.

Key Words: Corn; Photosynthetic characteristics; Yield; Yield components; Upright leaf variety.

摘要 通过对高产条件下紧凑型夏玉米不同生育时期群体光合特性与同化产物积累量、籽粒产量及产量构成因素间的灰色关联分析,明确了籽粒产量在吐丝以前各生育时期与叶面积系数关系最为密切,在吐丝以后的各生育时期主要依赖于同化产物的积累,各生育时期同化产物的积累则主要同叶面积系数密切相关,叶面积系数、光合势和净同化率对籽粒产量的关键作用时期为吐丝至吐丝后15天。同化产物积累量对籽粒产量的决定作用随生长发育的进行而逐渐增大。在产量构成三要素中,单位面积穗数与拔节至吐丝期间的叶面积系数关系最为密切;穗粒数和千粒重则主要依赖于大喇叭口期或吐丝期以后的同化产物积累。

关键词 夏玉米 紧凑型品种 光合特性 产量 产量构成因素

玉米植株同化产物的积累及籽粒产量的形成与植株的光合作用密切相关。因此,与光合作用有关的光合特性备受人们重视。前人曾对玉米单株的某些光合特性与生物产量及

籽粒产量的关系进行了分析^[5,15],有关玉米生育期间群体光合特性的动态变化方面的研究也有大量报道^[1,8,10,16]。近年来,随着紧凑型玉米品种的育成和推广,玉米产量水平有

了大幅度提高。特别是紧凑型玉米在最大叶面积系数、群体总光合势、群体生物产量和经济系数几个方面有了较大突破⁽⁷⁾。因此,紧凑型玉米群体光合特性与产量间的关系尚需进一步探讨。胡昌浩等(1990)曾对夏玉米生育期间的平均叶面积系数、总光合势、平均净同化率与生物产量及籽粒产量间的关系进行了分析⁽¹²⁾。本文则试图阐明,在各不同生育时期夏玉米群体光合特性与同化产物积累及籽粒产量间的关系;群体光合特性对籽粒产量影响关键时期;产量构成诸因素与群体光合特性间的关系等。旨在为紧凑型夏玉米的高

产栽培提供依据。

1 材料与方法

本文所用资料取自于“紧凑型玉米高产理论与技术”研究课题。品种为掖单 13 号,产量水平为 11100kg/ha 以上。选取各主要生育时期群体光合特性资料 13 份,全生育期群体光合特性综合资料 19 份(表 1、2、3),用灰色系统的关联分析进行研究。计算性状间的点关联度、斜关联度和综合关联度。用综合关联度来表示各因素对目标性状的作用大小。

表1 夏玉米不同生育时期叶面积系数与光合势

[illegible]

表 2 夏玉米不同生育时期净同化率和干物重

序 号	净同化率(NAR) (g/m ² /d)							干物重(DW) (t/ha)					
	拔节 期	大喇叭 口期	吐丝 期	吐丝 15 天	吐丝 30 天	成熟 期	平均	拔节 期	大喇叭 口期	吐丝 期	吐丝 15 天	吐丝 30 天	成熟 期
1	14.74	11.37	9.42	4.80	7.86	1.50	8.82	0.635	4.058	9.773	12.507	17.129	18.431
2	14.16	12.76	8.07	3.57	6.31	3.10	7.88	0.831	4.184	10.163	12.497	16.686	19.688
3	11.39	15.15	5.78	1.50	6.07	6.79	7.76	0.789	5.102	9.753	10.815	15.200	22.251
4	13.23	11.55	5.03	4.74	3.57	3.26	6.83	0.971	4.542	9.269	13.035	15.939	19.760
5	11.87	13.01	2.99	5.51	3.81	3.17	6.50	1.029	5.538	8.355	12.807	15.940	19.578
6	9.72	9.84	5.26	6.30	9.19	6.69	7.83	0.296	4.211	7.580	11.790	17.475	21.054
7	8.50	8.87	5.77	6.69	9.60	6.08	7.59	0.304	4.434	8.636	13.305	19.841	23.342
8	7.26	7.96	5.83	6.05	8.18	7.54	7.14	0.316	4.515	9.279	14.291	20.312	25.076
9	6.90	7.52	4.81	5.99	8.09	7.28	6.77	0.320	4.425	8.603	13.517	20.154	24.578
10	6.54	8.33	4.85	6.14	9.30	6.50	6.95	0.237	4.088	7.529	11.831	17.853	21.510
11	5.51	7.14	4.54	5.60	8.99	6.28	6.35	0.226	3.695	7.185	11.292	17.040	20.450
12	9.03	11.03	7.69	3.87	4.47	8.94	7.68	0.777	4.295	10.139	13.022	16.892	25.109
13	7.81	10.82	8.94	3.02	3.98	5.22	6.90	0.411	4.890	12.222	14.864	18.134	24.509
14							6.33						20.693
15							5.87						19.902
16							6.23						21.546
17							5.79						21.594
18							7.67						22.092
19							6.91						24.603

表 3 夏玉米产量及产量构成因素

序 号	穗 数 (个/ha)	穗粒数	千粒重 (g)	经济系数	籽粒产量 (kg/ha)
1	48878	633.1	373.0	0.587	11249
2	56849	600.4	348.8	0.563	12192
3	66857	558.8	328.1	0.557	11483
4	71634	564.5	325.9	0.535	11376
5	77870	505.6	320.0	0.498	10784
6	57330	587.1	324.3	0.530	11159
7	68040	584.7	320.5	0.550	12932
8	78705	560.3	315.7	0.560	14067
9	88215	483.7	306.6	0.540	13346
10	68085	521.9	317.5	0.530	11444
11	77835	534.2	310.9	0.520	10734
12	70050	613.9	328.3	0.527	13713
13	73125	602.8	314.3	0.533	11217
14	76425	468.1	297.6	0.510	11235
15	85275	443.9	294.3	0.520	11042
16	77415	509.0	301.5	0.490	11456
17	83850	476.6	297.1	0.500	11528
18	45960	660.7	356.8	0.520	10725
19	75735	529.9	333.3	0.480	11795

2 结果与分析

2.1 全生育期群体光合特性与籽粒产量关系分析

通过对籽粒产量与最大叶面积系数、总光合势、平均净同化率、最高生物产量和经济系数的灰色关联分析可以看出,籽粒产量与最高生物产量的综合关联度最高,其次为经济系数(表 4),表明籽粒产量的高低首先取决于生物产量,其次与生物产量向籽粒产量的转化效率有关。

表 4 全生育期群体光合特性与籽粒产量关系分析

关联度	最大叶面 积系数	总光 合势	平均净 同化率	最高生 物产量	经济 系数
点关联度	0.598	0.538	0.687	0.795	0.719
斜关联度	0.618	0.641	0.702	0.813	0.750
综合关联度	0.608	0.589	0.694	0.804	0.735

2.2 不同生育时期群体光合特性与籽粒产量的关系

从不同生育时期群体光合特性与籽粒产量的关联度来看,在拔节期和大喇叭口期,叶面积系数对产量的作用最大;吐丝及吐丝后各生育时期均以同化产物积累量作用最大,净同化率作用最小(图 1)。

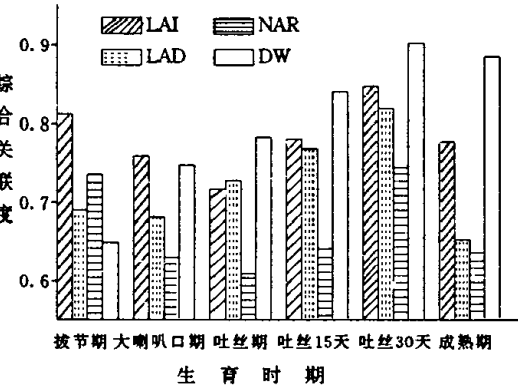


图1 不同生育时期群体光合特性对籽粒产量的作用

2.3 不同生育时期群体光合特性与同化产物积累量的关系

表 5 结果表明,除拔节期光合势对同化产物积累量作用稍强外,其它各生育时期均以叶面积系数的作用最大,说明玉米生育期间同化产物的积累主要依赖于叶面积系数的大小。

表 5 不同生育时期群体光合特性与同化产物积累量的综合关联度

生育时期	叶面积系数	光合势	净同化率
拔节期	0.609	0.777	0.659
大喇叭口期	0.752	0.614	0.719
吐丝期	0.694	0.662	0.691
吐丝后15天	0.869	0.788	0.656
吐丝后30天	0.813	0.763	0.747
成熟期	0.821	0.641	0.632

2.4 群体光合特性对籽粒产量的关键作用时期

从各群体光合特性在不同生育时期对籽粒产量的作用大小来看,叶面积系数在大喇叭口期、吐丝后 15 天和成熟期作用较强,其中又以吐丝后 15 天作用最大,其它各时期作用则相对较弱;叶面积系数对产量的作用随生长发育的进行呈“波浪式”变化,光合势对产量的作用在出苗后逐渐增强,在吐丝至吐

丝后 15 天达到高峰,以后又逐渐下降。同化产物积累量对籽粒产量的作用在拔节至大喇叭口期迅速提高,在以后各生育时期仍稳定上升。净同化率对籽粒产量的作用在一生中变动较小,只在大喇叭口至吐丝期呈现一微弱的“高峰期”(图 2)。

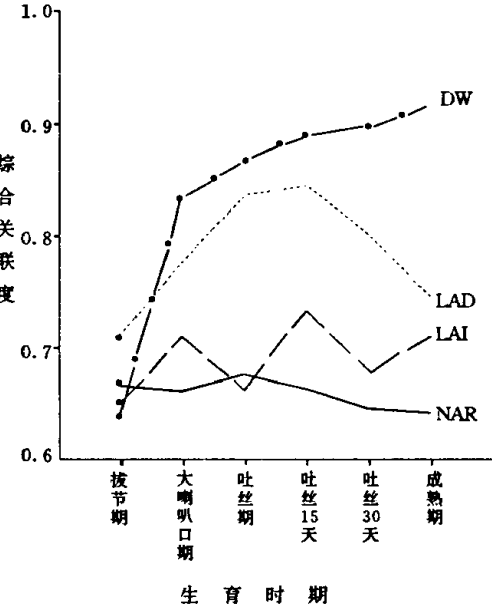


图2 群体光合特性对产量的关键作用时期

2.5 不同生育时期群体光合特性与产量构成因素的关系

由表 6 结果可以看出,单位面积穗数主要同拔节期、大喇叭口期和吐丝期的叶面积系数有关;穗粒数与大喇叭口期至吐丝后 30 天时间内同化产物的积累量关系最密切;千粒重则主要同吐丝后各生育时期的同化产物积累量有关。

表 6 产量构成因素与群体光合特性间的综合关联度

产量构成因素	群体光合特性	拔节期	大喇叭口期	吐丝期	吐丝后15天	吐丝后30天	成熟期
单位面积穗数	LAI	0.860	0.887	0.888			
	LAD	0.653	0.744	0.833			
	NAR	0.665	0.639	0.595			
	DW		0.747	0.713			
穗粒数	LAI		0.692	0.658	0.771	0.850	
	LAD		0.627	0.619	0.686	0.787	
	NAR		0.649	0.628	0.617	0.712	
	DW			0.730	0.744	0.788	0.859
千粒重	LAI			0.696	0.775	0.843	0.785
	LAD			0.679	0.727	0.796	0.696
	NAR			0.630	0.642	0.741	0.617
	DW				0.764	0.808	0.826

2.6 高产夏玉米群体光合特性及产量构成因素的适宜指标

通过对群体光合特性及产量构成因素等性状所做的区间估计,给出了紧凑型夏玉米掖单 13 号在 11270~12250kg/ha 产量水平条件下群体光合特性及产量构成因素等性状

的适宜指标范围(置信度为 95%)。不同生育时期群体光合特性指标如表 7 所示。从全生育期群体光合特性来看,最大叶面积系数为 5.0~5.7,总光合势变动在 334.5~379.5 万米²/日/公顷,平均净同化率为 6.7~7.5g/m²/d,最高同化产物积累量为 20870~22900kg/ha。

表 7 各生育时期群体光合特性指标

生育时期	LAI	LAD(万米 ² /日/公顷)	NAR(g/m ² /d)	DW(kg/ha)
出 苗		3.90~6.54	7.90~11.59	
拔 节 期	0.6~0.7	31.95~45.15	9.01~12.74	370~730
大喇叭口期	3.6~4.3	69.00~82.35	4.93~7.22	3870~4750
吐 丝 期	4.9~5.7	68.55~78.45	3.98~5.83	8290~9940
吐丝后 15 天	4.6~5.2	64.50~76.05	5.50~8.26	12050~13430
吐丝后 30 天	4.1~4.8	65.40~95.40	4.25~6.88	16590~18580
成 熟 期	3.0~3.4			20530~23370

从产量构成因素来看,单位面积穗数稳定在 65330~76590 穗/公顷,穗粒数为 520~580 粒,千粒重稳定在 310~330 克。此外,种植密度范围以 67200~80100 株/公顷为宜,单位面积粒数可达 3650~4040 万粒/公顷,经济系数为 0.52~0.54。

3 讨 论

玉米籽粒产量的形成以群体生物产量为基础,只有大幅度提高群体生物产量,并维持相对稳定的经济系数,才有可能实现产量的进一步突破。由于叶面积系数和同化产物积累量对产量的作用最大,因此,一切高产栽培技术的实施均应以建立合理的群体叶面积动态,促进同化产物的积累,特别是注重提高吐丝后同化产物的积累为主要目的。

3.1 选用紧凑型品种

紧凑型玉米品种由于叶角小、叶向值大、叶片分布合理、受光特性好、叶面积系数高、

总光合势高、干物质积累强度大^[3,6,9,13],因而具有比平展型品种更大的增产潜力。据全国“紧凑型玉米高产理论与技术”课题组研究,夏播紧凑型品种掖单 13 号比平展型品种沈单 7 号最大叶面积系数提高 1.03,总光合势高 62047m²·d/ha,生物产量高 4635kg/ha,籽粒产量可提高 2067kg/ha。因此,选用紧凑型玉米杂交种是实现高产的有效措施。

3.2 合理密植

群体密度对叶面积系数和同化产物积累量影响较大^[8,12]。合理的密度应当使群体在生育前期尽早形成较大的同化面积,在抽雄至乳熟期保持叶面积的相对稳定,灌浆后期叶片衰亡慢,成熟时仍能维持一定的绿叶面积;群体生物产量高且经济系数相对稳定。据全国“紧凑型玉米高产理论与技术”课题组研究,紧凑型夏玉米掖单 13 号在 75000~80000 株/公顷密度条件下,拔节期叶面积系数为 0.6~0.7,大喇叭口期为 3.6~4.3,吐

丝期达 5.0~5.7,吐丝后 30 天仍稳定在 4.0 以上,成熟时维持在 3.0~3.4 左右。群体生物产量可达 20530~23370kg/ha,经济系数为 0.52~0.54,籽粒产量在 11250kg/ha 以上。密度过低,群体生物产量较低而难于高产。密度超过 80000 株/公顷,虽然最大叶面积系数、总光合势和群体生物产量有所提高,但由于后期叶片衰亡严重,经济系数较低,产量反而下降,因此,夏播掖单 13 号种植密度在 75000~80000 株/公顷范围内较为适宜。

3.3 肥料的合理施用

玉米生育期间,N、P、K 亏缺不利于叶肉细胞和叶绿体的发育,叶片叶绿素含量下降,光合作用降低^[2];而肥料的施用,特别是 N 肥的施用对于玉米叶片的扩展、提高单株叶面积、延长叶片功能期、促进同化产物的积累及提高籽粒产量具有重要作用^[14,18]。据全国“紧凑型玉米高产理论与技术”课题组研究,11250kg/ha 以上产量水平的施肥量以每公顷施 N400kg、P₂O₅150kg、K₂O200kg 左右为宜;最大叶面积系数为 5.36,生物产量达 21440kg/ha。另据河北农大研究,高产夏玉米的 N 肥施用以前轻(拔节期)、中重(大喇叭口期)、后补足(抽雄期)的分配方法效果最佳。

3.4 适宜的土壤水分

玉米在苗期、拔节期和孕穗期遇土壤干旱,明显抑制叶片伸展和同化产物的积累。抽雄后水分不足造成叶片早衰,灌浆期干旱影响籽粒的同化产物积累^[17]。据河北农大研究,紧凑型夏玉米在 11250kg/ha 产量水平下,土壤水分在苗期控制在田间最大持水量的 65%,拔节期至抽雄期为 70%~75%,抽穗开花阶段为 80%~85%,吐丝至乳熟为 80%,蜡熟后维持在 75%左右为宜。

3.5 播期对夏玉米群体光合特性影响较大

早播可提高大喇叭口期以后的群体叶面积和光合势,对提高吐丝后同化产物积累具有明显的作用^[4]。此外,在雄穗散粉后及早去

除雄穗,可减少植株呼吸消耗,增加上部叶片透光性,有利于同化产物的制造积累^[11]。

参 考 文 献

- [1]王忠孝等,夏玉米高产规律的研究 I. 高产玉米的生理指标,《山东农业科学》,1988,5:8—10
- [2]王群瑛等,氮、磷、钾亏缺对玉米植株性状、叶片结构与生理特性的影响,《华北农学报》,1992,7(1):94—99
- [3]刘绍禄,紧凑型玉米株型及生理特性研究,《华北农学报》,1990,5(3):20—27
- [4]刘培利等,高产夏玉米与播期关系的研究,《玉米科学》,1993,1(1):23—25
- [5]吴子恺,玉米几个光合作用性状与生物学产量及籽粒产量的关系,《作物学报》,1983,9(1):23—29
- [6]李玉玲等,紧凑型玉米杂交种的形态及群体生理特性的研究,《河南农业大学学报》,1993,27(1):29—33
- [7]李伯航等,《黄淮海玉米高产理论与技术》,北京,学术书刊出版社,1990,79—83
- [8]李连,夏玉米高产群体生理指标的初步研究,《山东农业科学》,1986,4:1—4
- [9]李登海等,玉米株型在高产育种中的作用 I. 株型的增产作用,《山东农业科学》,1992,3:4—8
- [10]李潮海等,高产夏玉米群体生态生理指标研究,《河南农业大学学报》,1991,4:379—386
- [11]顾慰连等编译,《玉米生理译丛》,北京,农业出版社,1979,41—45
- [12]胡昌浩等,高产夏玉米群体生理参数初探,《黄淮海玉米高产文集》,天则出版社,1990,171—180
- [13]徐庆章等,玉米株型在高产育种中的作用 I. 不同株型玉米受光量的比较研究,《山东农业科学》,1992,4:5—8
- [14]蒋钟怀等,营养元素对高油 1 号玉米生长发育及籽粒品质影响的研究,《中国农业科学》,1990,23(3):37—43
- [15]韩庚辰,玉米主要光合性状与产量的关系及遗传效应分析,《作物学报》,1982,8(4):237—244
- [16]戴俊英等,高产玉米的光合作用系统参数与产量的关系,《沈阳农业大学学报》,1988,19(3):1—8
- [17]戴俊英等,玉米不同品种各生育时期干旱对生育时期及产量的影响,《沈阳农业大学学报》,1990,21(3):181—185
- [18]Reddy KS, et al., 1991. Corn Responses to post-tasselling Nitrogen Deprivation and to Various Ammonium/Nitrate Ratios, *Agronomy Journal*, 83(1):201—203