

夏玉米高产群体呼吸速率与 光合特性关系的研究

董树亭 胡昌浩 高荣岐 王群琪

(山东农业大学, 泰安 271018)

Relationship Between Canopied Respiratory Rate and Photosynthetic Characteristics of High-yielding Summer Maize

Dong shuting Hu Changhao Gao Rongqi Wang Qunying

(Shandong Agricultural University, Taian 271018)

Abstract: Experiment results showed that the change in canopied respiratory (CR) rate of summer maize was a single peak curve through the whole growth period. Maximum value of CR rate occurred in anthesis stage. CR rate raised along with the increase of leaf area index (up to 4.5). CR rate was higher in thick planting density than in thin planting density. The vertical distribution of CR rate was middle 4 leaves > top 4 leaves > bottom 4 leaves in Yedan 13 (erectopatent type). CR rate of different plant organs was leaf > stem > ear > tassel. The percentage of CR/CP (canopied total photosynthesis) was 30.64%. Canopied respiratory rate unit dry matter was higher at early growth stage and then decreased until maturity, it is the lowest at mature stage.

Key Words: Summer maize; Canopied respiration; Leaf area; Photosynthesis

摘要 夏玉米高产群体呼吸速率随着植株的生长发育逐渐增强,开花期达最大值,乳熟后急剧下降。高密度处理的群体呼吸速率大于低密度处理。叶面积大小是影响玉米群体呼吸速率的重要因素,随着叶面积指数的增加(5以下),群体呼吸速率不断增强,其后趋于相对稳定。单位干重的呼吸速率生长早期较高,尔后逐渐下降,至成熟时最低。群体呼吸占总光合的值因生育时期而异,供试品种三年全生育期总平均为30.64%。

关键词 夏玉米 群体呼吸 叶面积 光合作用

玉米的干物质积累速度和产量不仅与光合能力有关,而且还与呼吸消耗有关。前人研究表明:玉米植株不同器官的呼吸能力是叶片大于茎秆,上位叶高于下位叶^[1];生长早期高于生长后期^[12];呼吸速率属于品种特性^[5];叶片的呼吸速率高低还受体内可溶性糖含量的影响^[10],与植株干物质积累呈负相关^[8]。灌浆期间的呼吸消耗量约占光合产量的35%左右^[11]。以上学者在器官和个体水平

上,对呼吸作用做了较为深入的研究,但对与干物质积累密切相关的群体呼吸研究较少。本文在大田高产(11.25吨/公顷)条件下,对4个玉米品种两种密度下的群体呼吸速率变化、分布以及与叶面积、光合作用的关系作一探讨。

1 材料与方法

试验于1990~1992年在山东农业大学

泰安实习农场进行。供试品种与密度1990年为沈单7号(平展型),每公顷45000、90000株;1991年为掖单13号(紧凑型)和丹玉13号(平展型),每品种分别为45000、75000株;1992年为掖单13号、沈单7号和鲁玉5号,密度分别为每公顷75000株、45000株和75000株。小区面积280.14m²,中壤土,0~20cm土层内,土壤有机质含量1.09%,全氮0.11%,有效氮110.6mg/kg,全磷0.078%,速效磷77.2mg/kg,速效钾100mg/kg。生育期间进行良好管理,以保证最优处理每公顷产量11.25吨以上。于拔节、大口、开花、乳熟、蜡熟期分别进行群体呼吸、群体光合、叶面积指数和干物质积累的测定。成熟期按小区实收计产。

群体呼吸与群体光合速率的测定,参照Garrity等人介绍的方法^[7]并加以改进^[2],用QGD-07型和GXH-305型红外线CO₂分析仪在田间直接定点测定。同化箱用铝合金制成,外罩透明聚酯薄膜,箱体长1.33m、宽1.00m、高0.94~2.94m(依不同生育时期的株高而定)。罩两行玉米,箱内株数因密度而异,45000株/公顷的处理为6株,75000株/公顷的处理为10株。用红、黑两层绒布制作的布罩进行人工遮光后测呼吸,去掉布罩、待箱内外气体平衡后测群体光合,并记录温度、

湿度和光强的变化情况。箱内安有50瓦风机搅拌气体,每点测定1分钟,温度升高1℃左右,CO₂浓度增值20mg/kg以下,符合测定精度。同时测定土壤呼吸速率,以修正群体呼吸与光合值。群体呼吸和光合速率用单位土地面积(平方米)、单位时间(小时)释放和吸收的CO₂量(克)来表示。

呼吸速率的冠层分布,是根据单株现有叶片数目,将冠层分为上部叶(第17~20叶)、中部叶(第13~16叶)、下部叶(第9~12叶)三部分,于开花、乳熟期由下而上进行分层去叶测定,根据前后两次测定的差值计算各层的呼吸速率。叶面积指数与呼吸速率关系的测定是在高密度处理中,先用疏株法制成不同梯度的叶面积指数,随后测其群体呼吸速率。

2 结果与分析

2.1 玉米群体呼吸速率的动态变化

2.1.1 全生育期变化动态

表1的测定结果表明,随着植株的生长发育,玉米群体呼吸速率逐渐增强,至开花期达最大值,乳熟后急剧下降。同一品种不同密度处理的群体呼吸速率是高密度大于低密度。同密度(45000株/公顷)条件下,沈单7号、丹玉13号的群体呼吸大于掖单13号。

表1 高产夏玉米不同生育时期的群体呼吸速率变化 ($\text{gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{土地面积} \cdot \text{h}^{-1}$)

品 种	密 度 (株/公顷)	生 育 时 期					成 熟	测定年限
		拔 节	大 口	开 花	乳 熟			
沈单7号	45000	0.62±0.16	1.33±0.23	3.44±0.84	1.80±0.64	1.22±0.44	1990	
	90000	1.58±0.28	2.23±0.84	3.82±1.04	3.32±0.47	2.26±0.24		
丹玉13号	45000	0.80±0.11	1.28±0.31	3.19±0.11	3.03±0.10	0.73±0.13	1991	
	75000	1.01±0.10	1.71±0.14	3.64±0.62	3.47±0.61	0.98±0.12		
掖单13号	45000	0.52±0.11	1.21±0.32	2.88±0.31	2.76±0.77	0.68±0.32		
	75000	0.91±0.14	1.69±0.40	3.17±0.44	2.93±0.27	1.35±0.23		
掖单13号	75000	1.44±0.38	—	4.27±0.43	3.87±0.59	3.57±0.44		
沈单7号	45000	0.71±0.12	—	3.79±0.21	2.97±0.31	2.47±0.47	1992	
鲁玉5号	75000	1.11±0.14	—	4.44±1.14	2.95±0.75	1.40±0.50		
平 均		0.97±0.17	1.58±0.37	3.29±0.57	3.01±0.50	1.63±0.32		

表中数字为 $\bar{X} \pm \text{SD}$ 。

2.1.2 日变化动态

夏玉米高产群体呼吸速率大口期测定的日变化趋势(图 1),是早、晚较低,14 点前后

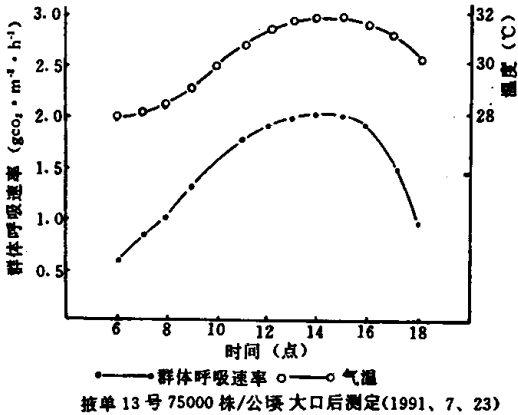


图 1 高产夏玉米群体呼吸速率与气温日变化

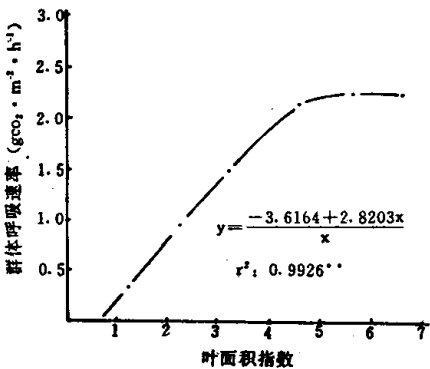
表 2 玉米群体呼吸速率的冠层分布

部 位	生育时期 密度 项目	开 花		乳 熟				平 均	
		75000 株/公顷		75000 株/公顷		45000 株/公顷			
		CR	%	CR	%	CR	%	CR	%
雄 穗		0.369	13.14	0.170	7.47	0.055	3.57	0.198	8.76
上 4 叶(17~20)		0.616	21.93	0.359	15.77	0.335	21.74	0.436	19.29
中 4 叶(13~16)		0.919	35.28	0.891	39.15	0.525	33.94	0.802	35.49
下 4 叶(9~12)		0.418	14.88	0.194	8.52	0.176	11.42	0.263	11.64
茎(鞘)		0.415	14.77	0.441	19.37	0.366	23.75	0.407	18.00
雌 穗		—	—	0.221	9.71	0.086	5.58	0.154	6.81
合 计		2.809	100	2.276	100	1.542	100	2.260	100

CR: 群体呼吸速率($\text{gCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)

2.3 玉米群体呼吸速率与光合特性的关系

2.3.1 群体呼吸速率与叶面积指数



品种: 掖单 13 号、开花期测定 (1991、7、30)

图 2 玉米叶面积指数与群体呼吸速率的关系

达最大值。群体呼吸速率日变化与气温日变化的趋势大体一致。

2.2 玉米群体呼吸速率的冠层分布

对掖单 13 号品种的测定结果(表 2)表明:玉米群体呼吸速率的分布,不同器官间是叶片>茎秆>雌穗>雄穗;不同叶片间是中部叶>上部叶>下部叶。叶片是玉米群体呼吸的主体,上、中、下三部分合计占冠层总呼吸速率的 66.42%。雄穗在开花期的呼吸速率较高,乳熟期急剧下降;茎(鞘)和雌穗的呼吸速率较为稳定。从表 2 还可看出,群体呼吸速率开花期>乳熟期,高密度>低密度。

从图 2 看出,在一定范围内,随着叶面积指数的增加,群体呼吸速率不断增强,当叶面积指数达到 5 以上时,群体呼吸速率趋于相对稳定,这一变化趋势与 Evans⁽⁶⁾在小麦上的研究结果类似。

2.3.2 群体呼吸速率与光合作用的关系

从表 3 看出:玉米群体呼吸占群体光合作用的百分率全生育期平均为 30.64%,大口期以前较低,开花期以后增高。不同密度处理间三品种均表现为高密度大于低密度。品种间差异不大。

2.3.3 群体呼吸与干物质积累的关系

从表 4 看出:玉米单株或群体干重随着生育进程而增加,而单位干重的呼吸速率则

随着生育进程而下降,拔节期高达 $7.09 \sim 10.83 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$,开花期降至 $2.55 \sim 3.44 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$,成熟时仅为 $0.33 \sim 0.70 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 。这一变化趋势同 Yamaguchi

(1978)的测定结果相一致。单位干重的呼吸速率全生育期平均为 $3.45 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 。品种、密度间差异不明显。

表3 玉米群体呼吸占群体总光合的百分率 (%)

品 种	生育时期 密度 (株/公顷)	拔 节	大 口	开 花	乳 熟	成 熟	平 均	测定年度
沈单7号	45000	16.39	16.35	30.82	28.80	27.73	24.01	1990
	90000	21.22	22.25	31.81	39.34	47.58	32.45	
丹玉13号	45000	25.32	19.65	29.92	37.60	34.43	29.38	1991
	75000	25.62	24.84	33.12	42.32	41.76	33.53	
掖单13号	45000	18.90	18.75	27.83	35.74	23.69	24.98	
	75000	24.93	21.51	28.09	36.58	31.61	28.54	
掖单13号	75000	22.13	—	30.98	34.22	54.08	35.35	1992
沈单7号	45000	18.62	—	30.91	31.50	48.09	32.28	
鲁玉5号	75000	16.88	—	30.85	33.26	59.80	35.20	
平 均		21.11	20.56	30.48	37.97	40.97	30.64	

1992年的成熟期系蜡熟期的测定结果。

表4 玉米植株单位干重的呼吸速率 ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$)

品 种	生育时期 密度 (株/公顷)	拔 节	大 口	开 花	乳 熟	成 熟	平 均	测定年限
沈单7号	45000	10.83	2.79	3.09	0.83	0.33	3.57	1990
	90000	9.46	2.86	2.55	1.13	0.44	3.29	
丹玉13号	45000	10.69	2.48	3.44	2.25	0.35	3.84	1991
	75000	9.96	2.24	3.36	2.69	0.45	3.74	
掖单13号	45000	7.09	2.41	3.13	1.55	0.42	2.92	
	75000	7.90	2.36	2.64	1.71	0.42	3.01	
掖单13号	75000	9.80	—	2.95	1.52	0.70	3.74	1992
沈单7号	45000	8.64	—	2.97	1.02	0.61	3.31	
鲁玉5号	75000	10.08	—	2.78	1.07	0.51	3.61	
平 均		8.51	2.52	2.99	1.53	0.47	3.45	

3 讨 论

作物呼吸作用与光合作用是两个相反的代谢过程。呼吸作用使干物质量减少,呼吸消耗过多对产量是不利的。但呼吸作用不是纯粹的浪费,它是植株代谢的能量来源,是干物

质生产不可缺少的生理过程。

玉米群体呼吸速率受许多因素的综合影响,叶面积大小是其中之一。掖单13号品种当叶面积指数达到5(可称为群体呼吸速率的临界叶面积指数)以上,群体呼吸速率不再随叶面积指数的增加而提高,趋于相对稳定。

群体呼吸速率不再随叶面积指数增加而提高的原因,是呼吸量不仅仅决定于植物体的数量,还依赖于光合作用的同化量。McIree^[9]把与植物体数量有关的呼吸看成是维持呼吸,而把与光合量有关的呼吸看成是构成呼吸。据他对白三叶草的测定认为,作物的构成呼吸占总呼吸量的绝大部分,而维持呼吸所占比例较小。大田条件下,由于受环境因素的限制,过量的叶面积指数不能增加群体光合量,群体呼吸也就不随叶面积指数的增加呈无限制的提高。至于群体呼吸速率的临界叶面积指数大小,则取决于测定条件、冠层结构等综合因素,本试验条件下为 5 左右。

从玉米植株地上部单位干重的呼吸量上分析,生长早期较高,然后逐渐降低,开花期略有回升,至成熟降至最低点。生长早期的呼吸代谢旺盛,是为营养器官的快速生长提供足够的能量和物质合成的中间产物。本研究还表明,玉米群体呼吸约占群体光合作用总量的 30.64%,不同生育时期表现不一,一般为大口前较低,开花后较高。后期比例高的原

因是群体光合下降幅度大于群体呼吸造成的。高密度处理的群体呼吸占群体光合的值大于低密度,这一结果同在小麦^[3]上的研究相一致,说明密度对群体呼吸的影响远大于对群体光合的影响。

参 考 文 献

- [1]胡昌浩、董树亭等,《作物学报》,1993,(1),63—39
- [2]董树亭,《耕作与栽培》,1988,(3),62—64
- [3]董树亭,《作物学报》,1991,(6),461—469
- [4]田中明等,《土壤肥科学》(日),42.2号,1971
- [5]秋山侃等,《作物学会纪事》(日),1975,44:269—274
- [6]伊文思编,江苏农科院译,《作物生理学》,农业出版社,1978,142—144
- [7]Garrity D P. Agronomy Journal, 1984, 76, 163—165
- [8]Heichel G H. Photosynthetic, 1971, 5, 93—98
- [9]McCree K J. Crop Science, 1974, 14, 509—514
- [10]Tanaka A and Yamaguchi J. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 1972, 57, 71—132
- [11]Veitor D W. Crop Science, 1979, 19(1), 70—75
- [12]Yamaguchi J. Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, 1978, 59, 59—129