

不同基因型啤酒大麦冠层叶片光合性能 对产量的影响

何庆祥¹, 张恩和², 赵永平^{1,2}, 朱亚¹

(¹甘肃省农垦农业研究院, 甘肃武威 733006; ²甘肃农业大学农学院, 兰州 730070)

摘要:为给啤酒大麦高产栽培提供理论依据,采用便携式光合分析系统研究不同基因型啤酒大麦冠层叶片光合速率变化,分析其对产量的影响。研究表明,参试基因型中M-22(1)、KH LEDI(4)、Pasadena(15)、Z014J081J(19)、MERIT(20)、Z090M066M(25)等二棱大麦的叶面积指数(LAI)一直较高,其中以美国的新品种之一Z014J081J表现最为突出,平均LAI达2.69;不同基因型啤酒大麦叶面积指数阶段变化与产量呈现一定的正相关关系,从挑旗期到灌浆末期整个生育阶段的LAI变化与产量的相关性均达到极显著水平;相关分析表明,不同基因型啤酒大麦冠层光合速率阶段变化与产量呈现一定的正相关关系。其中孕穗期、抽穗开花期和灌浆末期的光合速率变化与产量的相关性达极显著水平,相关系数分别为0.5024、0.5360和0.6758。

关键词:基因型;啤酒大麦;叶面积指数;光合速率;产量

中图分类号:S5-037 **文献标识码:**A

Effects of Canopy Photosynthetic Characteristics for Yield of Different Genotype of Malting Barley

He Qingxiang¹, Zhang Enhe², Zhao Yongping^{1,2}, Zhu Ya¹

(¹Gansu State Farms Academy of Agricultural Researches, Wuwei 733006;

²College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070)

Abstract: Using portable photosynthetic analyzer to study changes of photosynthetic rate of different genotype malting barley, analysis the effect for yield. The results showed that: LAI of tow-rowed malting barley M-22、KH LEDI、Pasadena、Z014J081J、MERIT、Z090M066M were all high, LAI of American genotype Z014J081J was maximum, it's value was 2.69; There was a positive correlation between LAI and yield of different genotype malting barley, From flag leaf stage to later filling stage, the correlation between LAI and yield was very significant; Relational analysis shows, There was a positive correlation between photosynthetic rate and yield of different genotype malting barley. The correlation between photosynthetic rate and yield was very significant at booting, heading to flowering and later filling stage, the correlation index was 0.5024, 0.5359, and 0.6758.

Key words: genotype, malting barley, LAI, photosynthetic rate, yield

作物光合产物的积累、运转以及产量的形成是一个复杂的生理过程,是源、库、流综合作用的结果^[1]。20世纪50年代以来国内许多学者对啤酒大麦

的研究多集中在氮肥的影响、栽培技术及新品种选育等方面^[2-6],对光合特性与产量关系的研究也多集中在小麦上,对啤酒大麦的研究不多。赵明等提出了

基金项目: 国家科技支撑计划项目“甘肃省啤酒大麦生产技术引进及产业化”(2006BAD02B04-5); 甘肃省科学技术攻关计划项目“优质高产酿造啤酒专用大麦新品种选育”(2GS035-A41-004)。

第一作者简介: 何庆祥,男,1964年出生,甘肃天水人,高级农艺师,大学本科,主要从事作物育种与栽培研究。通信地址:733006 甘肃省武威市凉州区黄羊镇新镇路234号甘肃农垦农业研究院, E-mail: cartman-he@163.com。

通讯作者: 张恩和,男,1966年出生,甘肃兰州人,教授、博士生导师,主要从事旱地与绿洲农作制、药用植物资源与利用等方面的教学和科研工作。E-mail: zhanghe@gsau.edu.cn。

收稿日期: 2008-09-01, **修回日期:** 2008-10-21。

产量分析的“三合结构”模式,将光合性能、源库和产量构成有机的结合起来,比较系统的阐述了作物源与库中各因素间的内在联系,弥补了各理论独立存在的不足^[7-9]。为此,对引自欧洲及美国的二十几个啤酒大麦与西北地区主栽的甘啤系列进行光合性能与产量关系的比较研究,以期为西北地区啤酒大麦光合特性的遗传改良和啤酒大麦高光育种及栽培提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2006年10月—2007年9月在甘肃省武威市黄羊镇甘肃省农业科学院武威育种试验场进行,试验地为灌淤土。该灌区具有日照时间长,太阳辐射强,昼夜温差大,降雨稀少,蒸发强烈,光热资源丰富等

特点,适宜啤酒大麦等多种作物生长。

1.2 试验材料与试验设计

供试材料为从匈牙利和美国新引进二十几个欧美国家普遍栽培的春性啤酒大麦以及西北地区主栽的国内春性啤酒大麦(甘啤系列),共30个。供试品种采用完全随机区组排列,重复3次。小区按试验地自然地形布置,小区面积7.5 m²(5 m×1.5 m),7行区,行距0.25 m,各小区之间设0.5 m走道以供行人和灌溉,在试验地的四周按地形和小区布置情况留保护行。试验地土壤肥沃,地势平坦,灌溉方便。播前深耕细耙,选定足墒适时播种,将啤酒大麦专用肥作为基肥一次施入,施肥量为纯N 150 kg/hm²、P₂O₅ 150 kg/hm²,采用人工开沟定量撒播,确保苗全、苗匀,配合中耕锄草以及病虫害防,大田常规管理。

表1 供试啤酒大麦名称、代号及所属类型

代号	基因型	类型	来源	代号	基因型	类型	来源
1	M-22	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	16	Z053N066N	二棱 2-rowed	美国 USA
2	KH SZOFI	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	17	G231M004M	六棱 6-rowed	美国 USA
3	KH DAMA	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	18	B1202	二棱 2-rowed	美国 USA
4	KH LEDI	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	19	Z014J081J	二棱 2-rowed	美国 USA
5	KH.GYONGYOS	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	20	MERIT	二棱 2-rowed	美国 USA
6	Jubi lant	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	21	TRADITION	六棱 6-rowed	美国 USA
7	Jaxana	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	22	B1614	六棱 6-rowed	美国 USA
8	Raxana	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	23	Z109M050M	二棱 2-rowed	美国 USA
9	Qinta	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	24	PRESTIGE	二棱 2-rowed	美国 USA
10	Jubelete	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	25	Z090M066M	二棱 2-rowed	美国 USA
11	TABORA	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	26	6B98-9339	六棱 6-rowed	美国 USA
12	ROXANA	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	27	甘啤 1 号	二棱 2-rowed	中国 China
13	SCARLETT	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	28	甘啤 2 号	二棱 2-rowed	中国 China
14	甘啤 4 号	二棱 2-rowed	中国 China	29	甘啤 3 号	二棱 2-rowed	中国 China
15	Pasadena	二棱 2-rowed	匈牙利 Hungary	30	甘啤 5 号	二棱 2-rowed	中国 China

注:外引品种引自匈牙利和美国,但并非全部为当地品种。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积测定 采用长宽系数法测定全株绿叶面积。

单株叶面积 = 叶长×叶宽×校正系数。

叶面积指数(LAI)=

平均单株叶面积 (cm²)/10000×测点的株数 / 测定面积 (m²)。

1.3.2 光合生理、生态指标测定 记载主要物候期[挑旗期(5月19日)、孕穗期(6月2日)、抽穗开花期(6月26日)、灌浆初期(7月8日)、灌浆中期(7月15日)和灌浆末期(7月23日)],分别选择晴天中午9:30—11:30用美国CID公司生产的CID-301型便携式光合测定系统测定冠层旗叶的光合速率、蒸腾速率、气孔导度

等,重复5次,去掉两端极值,取中间3值的平均数作为啤酒大麦的光合速率。

1.3.3 测产项目 收获时按小区实际面积进行脱粒测产。

1.3.4 试验数据处理 试验数据使用Excel进行初步处理,采用DPS统计分析软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同基因型啤酒大麦叶面积指数变化

叶片作为光合产物的主要同化器官,其全生育期内的动态变化与作物生产力关系甚为密切。叶面积的差异能强烈的影响生长量(Health、Gregory, 1938; Weston, 1952),但叶面积过大会造成作物下部叶片受光条件恶化,导致产量下降(Brougham, 1958),叶面积指数常被作为衡量该特性的量化指标。

表 2 不同基因型啤酒大麦叶面积指数变化

基因型代号	叶面积指数						产量/(kg·hm ⁻²)
	挑旗期	孕穗期	抽穗开花期	灌浆初期	灌浆中期	灌浆末期	
1	0.87	2.89	5.60	4.19	1.64	0.43	9028.95
2	0.82	2.69	4.81	3.28	1.68	0.56	8000.40
3	0.92	2.73	5.36	4.16	1.53	0.54	8983.35
4	0.87	2.81	5.58	4.12	1.57	0.57	8914.80
5	0.85	2.73	5.46	3.79	1.47	0.51	8834.70
6	0.79	2.49	4.90	3.71	1.38	0.42	8400.45
7	0.61	2.42	4.93	3.90	1.49	0.47	8377.50
8	0.61	2.06	4.65	3.01	1.23	0.41	8057.55
9	0.60	2.07	4.37	3.00	1.31	0.41	7726.05
10	0.63	2.23	4.14	3.17	1.48	0.37	8103.30
11	0.61	2.14	4.43	3.37	1.47	0.43	8217.60
12	0.80	2.74	4.73	3.60	1.48	0.46	8686.20
13	0.86	2.99	5.38	3.79	1.56	0.55	9086.10
14	0.87	3.06	5.45	3.69	1.59	0.64	9074.70
15	0.85	3.37	5.50	3.61	1.66	0.68	9006.15
16	0.70	2.42	4.36	3.16	1.35	0.47	8126.10
17	0.67	2.49	4.60	3.03	1.38	0.48	8274.75
18	0.81	3.83	4.91	3.44	1.54	0.64	8606.10
19	0.93	3.97	5.30	3.63	1.62	0.71	8800.50
20	0.91	3.65	5.32	3.73	1.59	0.71	9223.35
21	0.73	2.40	4.33	3.41	1.40	0.50	8377.50
22	0.88	3.94	4.93	3.85	1.59	0.56	8754.75
23	0.85	3.98	4.83	3.79	1.64	0.58	8731.80
24	0.85	3.74	5.18	3.50	1.66	0.53	8503.35
25	0.90	3.72	5.30	3.52	1.71	0.63	9143.25
26	0.87	3.93	4.78	3.64	1.47	0.82	8400.45
27	0.77	2.38	4.14	3.16	1.49	0.53	8446.20
28	0.63	2.24	4.59	2.85	1.29	0.46	7714.65
29	0.65	2.50	4.73	3.93	1.64	0.48	7989.00
30	0.76	3.30	4.38	3.65	1.51	0.44	8046.15
平均值	0.78	2.93	4.90	3.56	1.51	0.53	8521.19
变异系数/%	0.14	0.22	0.09	0.10	0.08	0.20	5.12

由表 2 可以看出 M-22(1)、KH LEDI(4)、Pasadena(15)、Z014J081J(19)、MERIT(20)、Z090M066M(25)等二棱大麦的 LAI 一直较高,其中以美国的新品种之一 Z014J081J 表现最为突出,平均 LAI 达 2.69,但是其产量不是太高,其中产量最高的是另一个 LAI 较高的欧美主栽品种 MERIT,其平均 LAI 达 2.65,由此可以看出,增加叶面积指数固然可以提高光合产物的数量,但并不是叶面积指数越大,产量就越高。叶面积指数过大,会导致相互遮蔽,减低透光强度,甚至导致倒伏,反而引起减产,这与前人在小麦等作物上的研究结果一致^[10,11]。在 4 个六棱大麦中,22(B1614)、26(6B98-9339)

抽穗开花期和灌浆期的 LAI 也相对比较高,但总体产量较同叶面积指数的二棱大麦低。

30 个供试基因型在 6 个测定时期 LAI 平均值存在明显差异(表 2)。在挑旗期(5 月 19 日)、孕穗期(6 月 2 日),抽穗开花期(6 月 26 日),灌浆初期(7 月 8 日)、灌浆中期(7 月 15 日)和灌浆末期(7 月 23 日),所有基因型间的 LAI 平均值依次为 0.78、2.93、4.90、3.56、1.51 和 0.53,相应的变异系数为 13.98%、22.06%、9.15%、10.03%、8.21%和 20.00%,说明在叶面积指数增长最快时基因型间的变异幅度不大。

2.2 不同基因型啤酒大麦叶面积指数变化与产量相关分析

相关分析结果表明(表3),不同基因型啤酒大麦叶面积指数阶段变化与产量呈现一定的正相关关系。从挑旗期到灌浆末期整个生育阶段的 LAI 变化与产

量的相关性均达到极显著水平。其中挑旗期和抽穗开花期 LAI 变化与产量的相关性最为密切($r=0.8250^{**}$ 和 $r=0.7711^{**}$),因此在啤酒大麦整个生育期保持适宜的 LAI 是取得高产的基本条件。

表3 不同基因型啤酒大麦叶面积指数变化与产量相关分析

	挑旗期	孕穗期	抽穗开花期	灌浆初期	灌浆中期	灌浆末期	产量
挑旗期	1						
孕穗期	0.7644 ^{**}	1					
抽穗开花期	0.7180 ^{**}	0.4820 [*]	1				
灌浆初期	0.6101 ^{**}	0.4070 [*]	0.6816 ^{**}	1			
灌浆中期	0.6752 ^{**}	0.6569 ^{**}	0.5736 ^{**}	0.5993 ^{**}	1		
灌浆末期	0.7012 ^{**}	0.7701 ^{**}	0.4899 [*]	0.2735	0.5060 ^{**}	1	
产量	0.8250 ^{**}	0.5700 ^{**}	0.7711 ^{**}	0.6669 ^{**}	0.6060 ^{**}	0.5549 ^{**}	1

表4 不同基因型啤酒大麦光合速率阶段变化与产量相关分析

	挑旗期	孕穗期	抽穗开花期	灌浆初期	灌浆中期	灌浆末期	产量
挑旗期	1						
孕穗期	0.5621 ^{**}	1					
抽穗开花期	0.4085 [*]	0.5223 ^{**}	1				
灌浆初期	0.2981	0.2787	0.4470 [*]	1			
灌浆中期	0.2935	0.2359	0.0606	0.0828	1		
灌浆末期	0.3513	0.3746	0.2770	0.3500	0.4063	1	
产量	0.3289	0.5024 ^{**}	0.5360 ^{**}	0.3525	0.3515	0.6758 ^{**}	1

注:**表示在 $p=0.01$ 水平极显著。*表示在 $p=0.05$ 水平显著。

2.3 不同基因型啤酒大麦光合速率阶段变化与产量的关系

相关分析结果表明(表4),不同基因型啤酒大麦冠层光合速率阶段变化与产量呈现一定的正相关关系。其中孕穗期、抽穗开花期和灌浆末期的光合速率变化与产量的相关性达极显著水平,相关系数分别为0.5024、0.5360和0.6758,挑旗期、灌浆初期和灌浆中期的光合速率变化与产量均呈正相关,但未达到显著水平。

3 讨论

试验研究表明,不同基因型啤酒大麦叶面积指数阶段变化与产量呈现一定的正相关关系。从挑旗期到灌浆末期整个生育阶段的 LAI 变化与产量的相关性均达到极显著水平,这与王天铎(1988)研究认为在一定范围内产量与叶面积指数呈显著正相关一致^[1]。分析结果表明叶面积指数太小的麦田,产量必然不高,但叶面积指数过大,其产量不会提高反而会降低,叶面积指数过大,会导致相互遮蔽,减低透光强度,甚至导致倒伏,反而引起减产,这与前人的研究结果相符^[6,12,13]。

不同基因型啤酒大麦冠层光合速率阶段变化与产

量也呈现一定的正相关关系。其中孕穗期、抽穗开花期和灌浆末期的光合速率变化与产量的相关性达极显著水平,挑旗期、灌浆初期和灌浆中期的光合速率变化与产量均呈正相关,但不显著。与胡昌浩(1992)研究表明光合速率与叶面积指数和产量表现一定正相关关系的结果基本一致^[4]。

绿色叶片是作物的重要光合器官,对作物的产量和穗粒重影响极为重要^[5],冠层叶在抽穗前主要供应茎秆充实和颖花发育所需养分,抽穗后主要供应籽粒灌浆^[6]。叶面积指数是作物光合面积中绿色叶片在光能合成的间接表示。叶面积指数一方面反映了作物的生长状况,另一方面也反映了光能的利用情况,过高或过低的叶面积指数都不利于作物冠层对光能的有效利用,从而影响产量的形成。

参考文献

- [1] 冯朝章,余泽高.小麦冠层叶片对产量因素的影响[J].湖北农学院学报,1994,14(1):1-7.
- [2] 吴国峰,沈盈航,唐钧.氮肥运筹方式对大麦产量及其构成因素的影响[J].大麦科学,2001,(4):33-34.
- [3] 魏丹.施肥对啤酒大麦产量和品质的影响[J].麦类作物学报,2001,21(1):73-75.

- [4] 卢良恕主编.中国大麦学[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [5] 徐绍英.大麦栽培及综合利用[M].杭州:浙江科学技术出版社,1988.
- [6] 王效宗,杨兆兴.甘肃啤酒大麦品种的性状选择[J].中国大麦文集(第4集),北京:农业科技出版社,1999:201-205.
- [7] Zhao M, Wang SA, Li SK. Model of the three combination structure of crop yield analysis. *Acta Agric Univ Pekinensis*, 1995, 21 (4): 359-364.
- [8] Zhao M, Li LL, Guan DM, et al. Theories of yield formation and ways of high yield in crop. In *Proceedings of International Symposium. "World Food Security"*. Kyoto Japan, 1999:143-16.
- [9] Zhao M, Li S K. The application and development of three theories in crop yield study review. *Acta Agric University Pekinensis*, 1995, 21S:70-75.
- [10] 魏爱丽,王志敏.小麦不同光合器官对穗粒重的作用及基因型差异研究[J].麦类作物学报.2001,21(2):57-61.
- [11] 王天铎.光合作用与作物产量[J].植物生理学通讯,1988,(1):52-54.
- [12] N T Kendall. Malting barley in Canada 1987-1997 [J].*Technical Quarterly*,1998, 35(1):31-33.
- [13] 马松高,翟亚文,缪斌,等.大麦后期叶片和芒与产量构成因素的相关性研究[J].大麦科学,2004(1):3-6.
- [14] 胡昌浩.高产夏玉米群体光合速率与产量关系的研究[J].作物学报, 1992,19(1):63-68.
- [15] 任正隆.小麦的叶面积、穗粒数和粒叶比的基因效应[J].作物学报, 1983,9(3):195-198.
- [16] 凌启鸿.小麦各位叶片对处理形成作用的研究[J].作物学报,1965,4 (3):219-233.