

春小麦与野燕麦竞争群体的 光合作用特征

萧瑜 黄相国

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要

本文从植物种间竞争的观点出发,通过测定春小麦和野燕麦在不同密度和配置比例下的光合作用速率,初步研究了两者的光合作用特征。春小麦和野燕麦的主要光合作用器官——旗叶、倒二叶、穗下节间和穗——在光合作用速率方面均表现出一定规律。随着配置比例愈加趋向不平衡,春小麦和野燕麦的光合作用能力相对接近。另外,发现两种植物在混合群体内的净光合作用速率与两者的竞争能力基本一致,这说明净光合作用速率也可做为表示植物种间竞争能力的指标。

关键词: 春小麦;野燕麦;光合作用表现;种间竞争

竞争是生物界普遍存在的现象,植物种内或种间的竞争,作为种群生物学的重要内容之一,受到生态学、农学、遗传学和演化系统研究诸领域内研究者的广泛重视。近年来,虽然有关植物竞争的文献报道很多,但尚未涉及竞争对植物重要生长环节的影响。因此,本文目的旨在通过测定竞争群体的光合作用过程,了解竞争对光合作用的影响及竞争结果在光合作用方面的体现。同时,根据传统竞争研究方法计算竞争结果,以判断用净光合作用速率作为群体竞争指标是否合理。

一、研究方法

供研究的植物为春小麦高原 602 和野燕麦 (*Avena fatua* L.)。实验包括两种植物单独及混合在不同密度及比例配置下的 27 个处理: 两种植物在不同密度下的单植群体处理 10 个, 1:1 混合群体处理 5 个, 1:3(包括 3:1)不同密度的混合群体处理 6 个, 1:4(包括 4:1)不同密度的混合群体 6 个(表 1)。整个实验在中国科学院西北高原生物研究所(海拔 2 265 米,西宁)内进行。

1988年3月25日,按表1所示密度和比例配置关系,采用盆栽方法进行实验。每一处理(两种植物不同的密度配置及各自组成的单植群体)重复3次。盆内装以细砂,播种前每盆施以5克氮磷复合肥,并与细砂混匀,在以后的实验过程中,保证肥料和水分的供应。盆中每穴点播2—5粒种子,待两种植物的幼苗出齐后,开始间苗,保持到所需密度。种子未萌发的地方,由邻近取下的相同植物的幼苗替补。

表1 春小麦和野燕麦在不同密度和比例下的配置关系
Table 1 Combinations of plant densities and proportions of two species (spring wheat and wild oats) in experiments

总密度(株/米 ²) Total density (No. /m ²)	200		400		600		800		1000	
	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O
单植群体 Pure stand	200	0	400	0	600	0	800	0	1000	0
	0	200	0	400	0	600	0	800	0	1000
混合群体 Two species mixtures	100	100	200	200	300	300	400	400	500	500
			300	100	450	150			750	250
			100	300	150	450			250	750
			320	80	480	120	640	160		
			80	320	120	480	160	640		

注: W = 春小麦; O = 野燕麦
Note: W = spring wheat; O = wild oats

在抽穗开花期(6月21—24日),随机选择每一处理的1盆植物进行测定。取样时,在一盆中各选3株同一种类的植物按旗叶、倒二叶、穗下节间和穗分别测定。测定仪器为日本产ASSA-1610型植物同化分析仪。光源采用成分与自然光源相近的1000W金属卤化物灯,其光照强度为9万勒克斯(Lx)。我们使用的小室系统,是以4个封闭室和1个自动读数与记录装置为主体组成的系统,测定时小室温度20—25°C(图1)

用下式计算植株不同器官的净光合作用速率(卜宗式,1983):

$$P_n = \frac{(C_2 - C_1) \cdot L \cdot K \cdot 60}{S} \cdot A$$

式中, P_n ——净光合作用速率; C_2 ——进气口 CO_2 浓度; C_1 ——出气口 CO_2 浓度; L ——空气流量; K ——温度校正系数,若 t 为温度,则 $K = \frac{44 \times 273}{22.4 \times 1000 \times (273 + t)}$; A ——

地区校正值,西宁地区为0.765; S ——同化器官的面积。

植株不同器官面积的测定与计算方法如下:

(1) 旗叶面积和倒二叶面积 量出叶长度和叶长二分之一处宽度,叶面积=长×宽×0.83;

(2) 穗下节间面积 量出穗下节间长度和长度二分之一处直径,面积= π ×直径×长;

(3) 春小麦穗面积 测量主穗长度和穗长二分之一处的宽度及厚度,穗面积=长

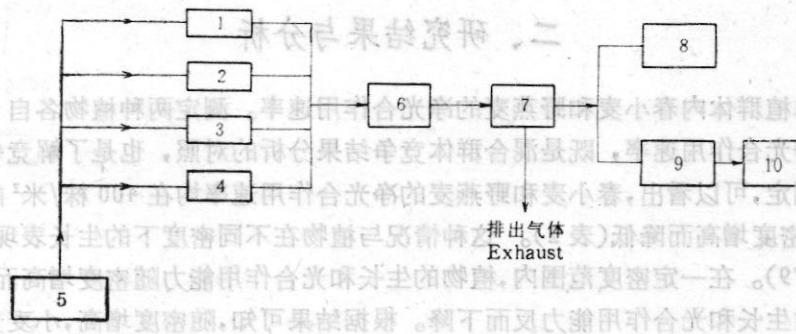


图1 用于测定光合作用速率的小封闭室系统

1. 叶室, 2. 叶室, 3. 穗下节间室, 4. 穗室, 5. 空气压缩供应系统, 6. 空气取样系统, 7. 植物同化分析仪, 8. 时间控制装置, 9. 自动读数与记录装置, 10. 纸带穿孔系统

Fig. 1 Small chamber system for measuring photosynthetic rate

1. Leaf chamber 1, 2. Leaf chamber 2, 3. Chamber for internode beneath spike, 4. Chamber for main spike, 5. Compressed air supply system, 6. Air sampling system, 7. Plant assimilation analyzer, 8. Timed switches, 9. Automatic reader and recorder, 10. Type punch

×宽×厚×3.8 (黄相国等, 1987; Borojevic, 1973)。

野燕麦穗面积: 因野燕麦穗形极不规则, 对于如何测定未见报道。现采用如下方法: 野燕麦为圆锥花序(李扬汉, 1979), 由 20 个左右小穗和主侧枝组成。选择若干小穗, 分别量出宽截面和窄截面每毫米单位长度所对应的宽度, 采用多项式拟合方法求出两者关系。

宽截面	$y = 0.13251 + 0.53952x - 0.25029x^2 + 0.04164x^3$	$R = 0.999, P = 99.5\%$	小麦 Spring wheat
窄截面	$y = 0.06628 + 0.76808x - 0.78996x^2 + 0.19230x^3$		
		$R = 0.992, P = 96.7\%$	野燕麦 Wild oats

式中, y ——小穗宽度; x ——小穗长度。

随后, 用积分法分别求两者的面积, 公式为 $S = \int_a^b y dx$ (a, b 分别为积分下上线)。

宽截面面积和窄截面面积之和即为小穗面积。小穗面积与小穗数之积为小穗总面积。

圆锥花序的主侧枝面积用圆柱体外表面积公式计算, 主侧枝面积与小穗面积之和为圆锥花序总面积。

以每一圆锥花序为单位, 分别求出其面积并测定干重(样本数多于 30 个); 两者之间关系如下:

$$A = -10.53964 + 82.29340 \sqrt{W} \quad r = 0.843 (p \leq 0.001), P = 91.4\%$$

式中, A ——圆锥花序面积; W ——圆锥花序干重。

工作中, 只需求出野燕麦的穗干重, 便可得其面积。

测定光合作用速率后, 植株各器官均在 80°C 下于干燥箱中烘干至恒重, 得出每一处理中 1 种或 2 种植物的重量。

二、研究结果与分析

(1) 单植群体内春小麦和野燕麦的净光合作用速率。测定两种植物各自组成的单植群体的净光合作用速率,既是混合群体竞争结果分析的对照,也是了解竞争趋势的基础。通过测定,可以看出,春小麦和野燕麦的净光合作用速率均在 400 株/米² 的密度下最高,其后随密度增高而降低(表 2)。这种情况与植物在不同密度下的生长表现有关(户芴义次等,1979)。在一定密度范围内,植物的生长和光合作用能力随密度增高而增大,超过一定范围后生长和光合作用能力反而下降。根据结果可知,随密度增高,小麦光合作用受的影响大于野燕麦。在各器官光合作用速率所占的比例中,小麦旗叶光合作用速率所占比例随密度增高而增加,倒二叶变化不大,穗下节间和穗的比例下降。净光合作用速率随密度的变化明显表现出与密度增高后植株个体重量降低一致的变化规律。野燕麦的变化情况也基本如此,但与小麦的差别表现在:旗叶光合作用速率所占比例下降,穗下节间所占比例增高。方差分析结果表明,无论是春小麦还是野燕麦,密度和器官间净光合作用速率的差异均在 1% 水平上高度显著。

表 2 春小麦与野燕麦在单植群体内的净光合作用速率

[CO₂ 毫克/(分米²·小时)](平均值±标准差)

Table 2 Net photosynthetic rate of spring wheat and wild oats in pure stands [CO₂ mg/(dm²·h)] (Mean±S.E.)

种类 Species	密度 (株/米 ²) Density (No./m ²)	旗叶 Flag leaf	倒二叶 Second leaf from uppermost	穗下节间 Internode beneath spike	穗 Main spike	合计 Sum
春小麦 Spring wheat	200	9.36±1.13	5.40±1.82	2.64±1.24	4.32±0.62	21.72±1.26
	400	12.39±1.26	12.36±1.75	4.07±0.83	4.22±1.61	33.04±0.24
	600	8.40±1.15	7.60±3.58	1.75±0.94	2.49±0.91	20.24±6.42
	800	5.15±1.08	3.38±0.92	0.34±0.25	0.74±0.41	9.61±0.92
	1 000	2.34±0.72	1.32±0.33	0.13±0.04	0.42±0.15	4.21±1.17
野燕麦 Wild oats	200	7.50±1.55	8.07±1.25	4.56±1.54	2.57±0.48	22.70±3.66
	400	10.59±3.32	10.19±3.78	4.84±0.56	1.88±0.39	27.50±6.88
	600	7.62±4.12	7.19±3.61	5.80±2.48	1.09±0.40	21.70±6.19
	800	5.56±3.29	4.60±2.23	2.70±0.99	1.01±1.01	13.87±5.98
	1 000	4.27±2.84	3.24±1.95	2.20±0.48	0.75±0.45	10.46±5.64

(2) 1:1 混合群体内春小麦和野燕麦的净光合作用速率。在 1:1 的比例配置下,通过测定不同密度下春小麦和野燕麦的净光合作用速率,发现在任何密度状况下春小麦的净光合作用速率均高于野燕麦,两者与各自单植群体的净光合作用速率相比,春小麦在低、中密度下相差不大,在高密度下净光合作用速率高于单植群体;野燕麦在低、中密度下净光合作用速率明显低于单植群体,在高密度下相差不大(表 3)。这说明春小麦在与野燕麦共同生长后,低、中密度下受野燕麦影响较小,而在高密度下竞争能力加强了;野燕麦在与春小麦的共同生长中,光合能力在低、中密度下减弱,在高密度下受影响不大。就各器官光合作用速率所占比例而言,与单植群体相比,春小麦和野燕麦表现的一致规律是在混合群体中叶片的光合能力降低,穗下节间的光合能力增强。

(3) 3:1(1:3) 和 4:1(1:4) 混合群体内春小麦与野燕麦的净光合作用速率。植物个体因所处环境条件不同竞争能力也有一定差异,其中两种植物的比例配置对竞争结果

表3 春小麦与野燕麦在1:1混合群体内的净光合作用速率 (平均值±标准差)

Table 3 Net photosynthetic rate of spring wheat and wild oats in 1:1 mixtures (Mean±S.E.)

种类 Species	密度 (株/米 ²) Density (No./m ²)	旗叶 Flag leaf	倒二叶 Second leaf from uppermost	穗下节间 Internode beneath spike	穗 Main spike	合计 Sum
W	200	6.14±0.27	8.76±1.99	3.48±1.07	3.73±0.67	22.11±1.53
O	200	5.79±3.49	2.75±2.14	3.51±2.50	0.70±0.47	12.75±8.54
W	400	7.83±1.19	6.39±3.62	5.06±0.44	3.67±1.36	22.95±5.50
O	400	5.28±0.94	4.35±0.81	4.17±0.42	0.73±0.36	14.53±1.07
W	600	6.29±2.98	7.23±1.36	4.93±0.36	1.64±0.84	20.09±2.86
O	600	8.22±3.48	4.23±1.80	3.21±1.88	1.53±1.76	17.19±4.51
W	800	5.80±2.65	3.40±1.12	2.72±2.28	1.17±0.68	13.09±2.09
O	800	3.50±0.39	2.72±0.43	4.04±1.14	0.30±0.18	10.56±1.37
W	1000	5.88±0.45	2.64±0.30	3.44±1.12	0.55±0.40	12.51±1.71
O	1000	4.92±1.71	2.70±1.10	3.75±0.77	0.72±0.31	12.09±2.57

注: W.O 符号同表1

Note: Symbols as in Table 1

表4 春小麦与野燕麦在3:1(1:3)和4:1(1:4)混合群体内的净光合作用速率(平均值±标准差)

Table 4 Net photosynthetic rate of spring wheat and wild oats in 3:1 (1:3) and 4:1 (1:4) mixtures (Mean±S.E.)

种类 Species	密度 (株/米 ²) Density (No./m ²)	比例 (春小麦/野燕麦) proportion (W/O)	旗叶 Flag leaf	倒二叶 Second leaf from uppermost	穗下节间 Internode beneath spike	穗 Main spike	合计 Sum
W	400	3:1	7.89±2.25	5.65±0.52	5.20±2.17	1.48±1.13	20.22±5.81
O	400		5.69±1.35	4.16±2.25	2.20±1.78	0.85±0.42	12.90±4.72
W	600	3:1	5.23±1.22	5.10±1.12	2.15±0.33	1.48±0.44	13.96±2.98
O	600		4.36±0.72	4.28±2.38	4.41±0.88	0.84±0.48	13.90±2.61
W	1000	3:1	6.56±1.60	7.45±2.61	4.19±1.48	1.98±1.30	20.18±6.39
O	1000		5.33±2.37	4.50±1.58	4.43±1.07	0.84±0.54	15.10±4.78
W	400	1:3	9.27±1.93	8.53±2.44	3.94±1.16	2.43±1.39	24.17±6.87
O	400		4.96±0.57	4.87±1.35	3.26±0.74	1.28±0.27	14.37±2.05
W	600	1:3	8.62±1.04	10.21±1.00	3.20±1.31	1.83±0.93	23.86±1.07
O	600		3.54±1.28	3.00±1.43	2.23±0.30	0.36±0.31	9.13±2.74
W	1000	1:3	5.09±1.02	6.03±2.43	2.30±1.05	0.40±0.11	13.82±4.41
O	1000		4.11±2.01	3.70±2.07	2.91±0.78	0.50±0.58	11.22±4.74
W	400	4:1	3.69±1.30	2.48±0.68	2.02±0.46	0.54±0.11	8.73±1.66
O	400		3.30±0.49	1.32±0.35	3.50±1.02	0.23±0.02	8.35±0.20
W	600	4:1	4.66±2.64	4.50±4.10	3.84±1.54	1.81±2.45	14.81±10.70
O	600		5.12±0.98	4.06±1.08	3.15±2.24	0.71±0.48	13.04±3.66
W	800	4:1	4.70±1.00	4.90±1.80	1.15±0.43	1.15±0.46	11.90±3.32
O	800		5.33±1.69	4.84±2.82	2.08±0.31	0.44±0.23	12.69±4.53
W	400	1:4	9.19±1.66	7.48±3.34	4.16±2.04	2.06±1.13	22.89±8.18
O	400		8.88±0.54	7.45±1.46	4.64±1.81	1.89±1.15	22.86±4.00
W	600	1:4	7.70±1.29	8.43±2.45	3.21±2.17	1.94±1.26	21.28±6.51
O	600		7.91±1.99	6.34±1.14	3.10±0.63	0.88±0.40	18.23±3.03
W	800	1:4	5.74±0.20	7.54±1.22	3.90±0.90	1.48±1.21	18.66±1.34
O	800		7.03±3.80	4.56±1.22	4.64±1.22	1.08±0.89	17.31±6.71

注: W.O 符号同表1

Note: Symbols as in Table 1

有很大影响 (Antonovics 等, 1985; Eagles 等, 1971; Motomura 等, 1986; Suehiro, 等, 1986)。经过测定 3:1(1:3) 和 4:1(1:4) 混合群体内春小麦和野燕麦的净光合作用速率, 发现与 1:1 混合群体相比, 两种植物净光合作用速率的差异相对缩小了, 其中二分之一左右的情况下野燕麦的净光合作用速率近似于春小麦 (表 4)。春小麦单株的净光合作用速率在 1:1 的混合群体中变异系数为 15.0%, 在 3:1 的混合群体中为 24.4%, 在 4:1 的混合群体中为 32.1%, 野燕麦也基本表现出同样规律。这说明在一定程度上随着配置比例的变化群体中植物个体的变异程度也加大了。就各器官净光合作用速率所占比例而言, 与 1:1 混合群体相比, 随着配置比例倾向于某种植物占优势, 另一种植物的叶片净光合作用速率所占比例就会增高, 而穗的光合作用速率比例降低, 春小麦在这方面表现出的特点尤为突出。在 3:1(1:3) 和 4:1(1:4) 的混合群体中, 春小麦的净光合作用速率一般均高于野燕麦, 在两者净光合作用速率基本相等的情况下, 发现春小麦和野燕麦的叶片净光合作用速率差异很小, 但野燕麦穗下节间的净光合作用速率却明显高于春小麦, 而且穗下节间的净光合作用速率比例也比春小麦高 10% 左右。在春小麦净光合作用速率占优势的群体中, 两者在上述的差别极小。这表明在野燕麦的净光合作用速率高于春小麦的群体中, 前者在调节各器官的功能方面强于后者。

(4) 春小麦和野燕麦的相对竞争能力。通过以上分析讨论, 我们得知, 春小麦的净光合作用速率一般高于野燕麦。但是, 这一指标能否用于衡量竞争结果, 必须在与传统竞争研究结果对比后才能有一认识。为此, 我们分别计算了春小麦和野燕麦的个体竞

表 5 几种密度状况下春小麦与野燕麦的个体竞争系数和相对竞争系数

Table 5 Individual and relative crowding coefficient of spring wheat and wild oats in mixtures with densities

总密度 (株/米 ²) Total density (No./m ²)	春小麦/野燕麦 密度比 Spring wheat/wild oats in density	春小麦个体竞 争系数 K_w	野燕麦个体竞 争系数 K_o	相对竞争系数 K_{wo}
200	100/100	0.88	1.05	0.84
400	200/200	1.37	0.71	1.93
400	300/100	1.37	0.87	1.57
400	100/300	1.22	0.74	1.65
400	320/80	1.44	0.53	2.72
400	80/320	3.07	0.77	3.99
600	300/300	1.08	0.98	1.10
600	450/150	1.43	1.21	1.18
600	150/450	2.05	0.87	2.36
600	480/120	1.22	0.91	1.34
600	120/480	2.54	0.79	3.22
800	400/400	1.49	0.73	2.04
800	640/160	1.30	0.53	2.45
800	160/640	2.18	0.73	2.99
1 000	500/500	1.67	0.80	2.09
1 000	750/250	1.32	0.61	2.16
1 000	250/750	2.37	0.92	2.58

Note: K_w, K_o = individual crowding coefficient of spring wheat and wild oats, respectively,
 K_{wo} = relative crowding coefficient

争系数 (individual crowding coefficient) 及两者的相对竞争系数 (relative crowding coefficient) (表 5)。

春小麦和野燕麦的个体竞争系数按下式计算 (Firbank 等, 1985; Khan 等, 1975; de Wit 等, 1965):

$$K_w = \frac{O_w}{Z_w} / \frac{M_w}{Z_{mw}}, \quad K_o = \frac{O_o}{Z_o} / \frac{M_o}{Z_{mo}}$$

式中, K_w 、 K_o ——春小麦和野燕麦的个体竞争系数; O_w 、 O_o ——春小麦和野燕麦在混合群体内的总生物量; Z_w 、 Z_o ——两种植物各自在混合群体内的个体数目; M_w 、 M_o ——春小麦和野燕麦在单植群体内的总生物量; Z_{mw} 、 Z_{mo} ——两种植物各自在单植群体内的个体数目。

$$\text{相对竞争系数 } K_{wo} = \frac{K_w}{K_o}$$

如果 $K_{wo} = 1$, 说明春小麦和野燕麦的竞争能力相同; 如果 $K_{wo} > 1$, 说明春小麦的竞争能力强于野燕麦, $K_{wo} < 1$ 的情况与此相反。据此可知, K_{wo} 表示春小麦相对于野燕麦的竞争能力, 是对于两种植物在单植群体内的生长表现而直接衡量两者在混合群体内的相对适应性。

据表 5 可知, 除 200 株/米² 的群体外, 野燕麦的竞争能力明显低于春小麦, 在配置比例相同的情况下, 随密度增高两者的差异更为显著。从个体竞争系数来看, 春小麦在混合群体内的表现优于在单植群体内的表现, 而野燕麦在混合群体内的生长表现与单植群体相比稍差一些。在这种情况下, 野燕麦的竞争能力显然低于春小麦。从两种植物的净光合作用速率来看, 虽然在某些情况下春小麦与野燕麦的光合表现基本一致, 但若相对于各自在单植群体内的生长表现衡量混合群体, 则会发现在 17 种处理中仅有 3 种处理与表 5 结果不符。这表明用植物的净光合作用速率作为指标衡量竞争结果在某种程度上是可行的。因光合作用速率的测定简便易行, 而且可以避免传统竞争方法每测定一次竞争结果便需全部采样的烦琐工作, 对于减少研究中处理的重复次数, 减轻工作量, 探讨整个生长期植物竞争的变化趋势具有一定意义。

三、小 结

(1) 本文从植物种间竞争的观点出发, 测定了春小麦和野燕麦在不同密度和配置比例下的净光合作用速率, 初步研究了两者的净光合作用特征。旗叶、倒二叶、穗下节间和穗在不同密度和配置比例下均表现出一定特点。随着配置比例的更加不平衡, 春小麦和野燕麦的光合作用能力相对接近, 占比例较低的植物叶片光合能力提高, 而穗的光合能力降低。

(2) 与单植群体的生长表现相对而言, 两种植物在混合群体内的净光合作用速率与传统竞争研究方法得出的结果基本一致。因为植物物质生产的基础是光合作用, 所以净光合作用速率的高低在某种程度上反映了植物物质生产的水平, 与竞争结果有一定的联系。测定植物的净光合作用速率, 在分析探讨植物整个生长期内的竞争趋势时作用更大。

参 考 文 献

- 卜宗式, 1983, 大气压的变化对光合或呼吸强度测定结果的影响, 植物生理学通讯, (2): 57—58。
- 卢邦义次主编(薛德榕译), 1979, 作物的光合作用与物质生产, 科学出版社。
- 李扬汉, 1979, 禾本科作物的形态与解剖, 上海科学技术出版社。
- 黄相国、张怀刚, 1987, 春小麦光合面积和经济性状的配合力分析, 高原生物学集刊, (7): 193—203。
- Antonovics, J. and N. L. Fowler, 1985, Analysis of frequency and density effects on growth in mixtures of *Salvia splendens* and *Linum grandiflorum* using hexagonal fan designs. *J. Ecol.*, 73(1): 219—234.
- Borojevic, S., 1973, Canopy structure of different wheat genotype in relation to the yield of grains. *Proc. 4th. inter. Wheat Genet. Symp., Columbia, USA*, 773—780.
- Eagles, C. F. and D. H. Williams, 1971, Competition between natural population of *Dactylis glomerata*. *J. Agri. Sci., Camb.*, 77(1): 187—193.
- Firbank, L. G. and A. R. Watkinson, 1985, On the analysis of competition within two-species mixtures of plants. *J. Appli. Ecol.*, 22(2): 503—517.
- Khan, M. A., P. D. Putwain, and A. D. Bradshaw, 1975, Population interrelationships, 2. Frequency-dependent fitness in *Linum*. *Heredity*, 34(2): 145—163.
- Motomura, S., K. Shinozaki, and K. Yoda, 1986, Competition between two similar plant varieties, green shrunk perilla and red shrunk perilla, in mixed cultures. *Bor. Mag.*, 99(1056): 395—405.
- Suchiro, K., H. Ogawa, and K. Hozumi, 1986, Competition between two naturalized dandelions, *Taraxacum officinale* Weber and *Taraxacum laevigatum* DC., in mixed cultures with different levels of soil moisture. *Bor. Mag.*, 99(1053): 1—14.
- Wit, C. T. de and J. P. Van Den Bergh, 1965, Competition between herbage plants. *Neth. J. Agri. Sci.*, 13(2): 212—221.

参 考 文 献

- 卜宗式, 1983, 大气压的变化对光合或呼吸强度测定结果的影响, 植物生理学通讯, (2): 57—58。
- 卢邦义次主编(薛德榕译), 1979, 作物的光合作用与物质生产, 科学出版社。
- 李扬汉, 1979, 禾本科作物的形态与解剖, 上海科学技术出版社。
- 黄相国、张怀刚, 1987, 春小麦光合面积和经济性状的配合力分析, 高原生物学集刊, (7): 193—203。
- Antonovics, J. and N. L. Fowler, 1985, Analysis of frequency and density effects on growth in mixtures of *Salvia splendens* and *Linum grandiflorum* using hexagonal fan designs. *J. Ecol.*, 73(1): 219—234.
- Borojevic, S., 1973, Canopy structure of different wheat genotype in relation to the yield of grains. *Proc. 4th. inter. Wheat Genet. Symp., Columbia, USA*, 773—780.
- Eagles, C. F. and D. H. Williams, 1971, Competition between natural population of *Dactylis glomerata*. *J. Agri. Sci., Camb.*, 77(1): 187—193.
- Firbank, L. G. and A. R. Watkinson, 1985, On the analysis of competition within two-species mixtures of plants. *J. Appli. Ecol.*, 22(2): 503—517.
- Khan, M. A., P. D. Putwain, and A. D. Bradshaw, 1975, Population interrelationships, 2. Frequency-dependent fitness in *Linum*. *Heredity*, 34(2): 145—163.
- Motomura, S., K. Shinozaki, and K. Yoda, 1986, Competition between two similar plant varieties, green shrunk perilla and red shrunk perilla, in mixed cultures. *Bor. Mag.*, 99(1056): 395—405.
- Suchiro, K., H. Ogawa, and K. Hozumi, 1986, Competition between two naturalized dandelions, *Taraxacum officinale* Weber and *Taraxacum laevigatum* DC., in mixed cultures with different levels of soil moisture. *Bor. Mag.*, 99(1053): 1—14.
- Wit, C. T. de and J. P. Van Den Bergh, 1965, Competition between herbage plants. *Neth. J. Agri. Sci.*, 13(2): 212—221.

PHOTOSYNTHETIC FEATURES OF COMPETITION BETWEEN SPRING WHEAT AND WILD OATS

Xiao Yu and Huang Xiangguo

(Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining)

The photosynthetic features of spring wheat and wild oats over a range of densities and frequencies were studied by measuring net photosynthetic rate of the two species from the point of plant interspecific competition. Flag leaf, second leaf from uppermost, internode beneath spike and main spike showed some characteristics in photosynthesis in different densities and frequencies. In pure stands, the net photosynthetic rate of either spring wheat or wild oat reached its maximum at the density of 40 No./m². After that it decreased with the increasing of density. And with the increasing of density, there was a more severe effect of photosynthesis on spring wheat than on wild oats. In mixtures, the spring wheat and wild oats had the relative close photosynthetic abilities with more non-balancing combination frequencies. Leaf photosynthetic ability of plants increased with less number proportion, and decreased in main spike. Compared with growth performances in pure stands, and calculated by classical competition formulae, the net photosynthetic rate of each species was approximately proportional to its relative competition ability (i.e. relative crowding coefficient). This meant that the net photosynthetic rate could also become a better indicator for exploring and evaluating plant interspecific competition ability. Because the foundation of plant growth and production was photosynthesis, and the net photosynthetic rate could reflect the dry-matter production level to some extent, it had some relationships with competition results. When we researched competition trends at whole plant growth period, the net photosynthetic rate would have more significance.

Key words: Spring wheat; Wild oats; Photosynthetic performance; Interspecies competition