

# 稀植栽培对旱地冬小麦光合特性、产量及水分利用效率的影响

李尚中<sup>1</sup>, 樊廷录<sup>2</sup>, 王立明<sup>1</sup>, 王勇<sup>1</sup>, 赵刚<sup>1</sup>, 唐小明<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农科院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院科研管理处, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为了探明稀植栽培对旱地冬小麦光合特性、产量及水分利用效率的影响, 在大田试验条件下, 测定分析了不同稀植条件下4个主茎和分蘖成穗并重型冬小麦品种旗叶的光合速率、光合量子产量、相对电子传递速率及群体透光特性、小麦籽粒产量和水分利用效率。结果表明, 在从扬花到蜡熟期, 稀植栽培可使小麦旗叶光合速率、光合量子产量、相对电子传递速率和群体透光率提高, 各品种之间变化较为一致。播量为450万株/hm<sup>2</sup>(传统高产栽培播量)处理比150万株/hm<sup>2</sup>播量处理旗叶的光合衰减率提高25.2~43.5个百分点, 光合量子产量和相对电子传递速率分别降低2.95%~20.68%和10.66%~18.32%, 群体上层的光截获量增加, 中下部受光条件较差。表明稀植栽培下小麦生育后期在光合能力、电子传递和光能转化方面均具有明显优势。适当降低播量(300~375万株/hm<sup>2</sup>), 建立合理的群体结构, 冬小麦籽粒产量和水分利用效率较播量为450万株/hm<sup>2</sup>处理分别平均提高12.55%和14.48%, 表明适当稀植栽培能显著提高冬小麦的产量和水分利用效率。

**关键词:** 稀植栽培; 旱地冬小麦; 光合特性; 产量; 水分利用效率

**中图分类号:** S512.1<sup>+</sup>1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)06-0102-06

由于小麦生产水平的逐步提高和品种的不断更换, 以及生产目标的变化, 播量问题是小麦高产优质高效栽培生理的主要课题。小麦稀植栽培是提高群体质量、降低生产成本、增产增收的一条重要途径<sup>[1]</sup>。小麦科研和生产中通过稀植成功获得高产的事例, 国内外已有报道<sup>[1,2]</sup>。近年来, 所选育的优质麦品种, 遗传特性上存在显著差异, 特别是在分蘖特性、产量和水分利用效率指标上差异较大<sup>[2,3]</sup>, 有些品种以主穗为产量主要构成部分, 有些品种属主茎、分蘖并重型, 甚至也有一部分品种以分蘖成穗为主。另外, 由于小麦是生态区域性比较强的作物, 因此, 对小麦稀植可行性进行研究是必要的。对于适于稀植的旱地冬小麦品种特性及其在稀植条件下表现及其理论基础的研究报道较少。本文研究甘肃陇东地区旱地冬小麦稀植条件下的光合特性、产量及水分利用效率变化规律, 筛选适宜稀植播种的品种并确定其适宜播量, 以充实和丰富旱地小麦精量、半精量播种技术, 推动旱地冬小麦栽培研究和高产高效种植的发展, 为建立旱地冬小麦“优质、高产、高效、低耗”的栽培模式提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试品种

本试验供试品种为目前甘肃省陇东地区推广与应用的4个优质麦品种: 陇鉴301、陇鉴386、宁麦5号、1R17, 均为主茎和分蘖成穗并重型品种。

### 1.2 试验设计

试验于2006~2007/2007~2008年度在农业部甘肃镇原黄土高原生态环境重点野外科学观测站(35°30'N, 107°29'E)进行, 海拔1254 m, 年均降水量540 mm, 降水主要分布在7、8、9三个月, 年平均温度8.3°C, 属完全依靠自然降雨的西北半湿润偏旱区。土壤为黑垆土, 有机质含量1.14 g/kg, 碱解氮87 mg/kg, 速效磷12 mg/kg, 速效钾230 mg/kg, 肥力中等。长期盛行以冬小麦为主的一年一熟制或填闲复种的两年三熟轮作制。

试验采取随机区组设计, 三次重复, 小区长5 m, 宽3 m, 行距0.2 m, 小区面积15 m<sup>2</sup>。供试材料分别设基本苗为150、225、300、375、450万株/hm<sup>2</sup>(对照, 传统高产栽培播量)五个播量处理。于9月15

收稿日期: 2009-07-18

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAD29B07); 甘肃省科技重大专项(0801NKDA017); 农业部甘肃镇原黄土高原生态环境重点野外科学观测站基金; 农业部西北作物抗旱栽培与耕作重点开放实验室基金

作者简介: 李尚中(1977-), 男, 甘肃漳县人, 助理研究员, 主要从事土壤水分高效利用与作物逆境生理研究工作。E-mail: lsz7751@163.com。

\* 通讯作者: 唐小明, 高级农艺师。E-mail: hnstangxm@163.com。

日开沟撒播。每小区播前施磷肥 1.31 kg, 尿素 0.29 kg, 返青后撒播追施尿素 0.20 kg。试验管理按常规措施进行。两个年度中, 试验在同一地块进行。

2006年9月至2007年6月小麦生育期降水 182.2 mm, 较多年平均值 280 mm 减少 34.9%, 本试验年度为干旱年; 2007年9月至2008年6月小麦生育期降水 291.0 mm, 较多年平均值 280 mm 增加 3.9%, 本试验年度属平水年。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 群体透光率测定 利用上海生产的 ZDS-10 型全自动量程照度计, 每个处理选择 100 cm × 100 cm 有代表性样点, 在冬小麦扬花期、灌浆中期和蜡熟期晴天 12:00 测定群体冠层的顶部 2 cm 处、旗叶部位、倒二叶及基部的光照强度, 每部位测 20 个点。透光率(%) = 测定层光强/冠层顶层光强 × 100%。

1.3.2 旗叶光合参数和荧光参数测定 旗叶光合参数用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定系统, 于冬小麦扬花期、灌浆中期和蜡熟期测定净光合速率( $P_n$ )。测定时间为 9:00~11:00。每处理选取生长一致且受光方向相同的旗叶的植株 5 株, 每株个体重复 3 次, 往返取样测定。采用德国 walz 公司生产的 MINI-PAM 光合量子分析仪测定相对电子传递速率(rETR)和光合量子产量( $Y$ )等参数。测定时间与植株选取和光合仪同步。

1.3.3 土壤水分测定和水分利用效率(WUE)计算方法 播种前和收获时分别用土钻法测定每个小区 2 m 土层(每 20 cm 为一个层次)的土壤含水率, 转化为以 mm 为单位的播前和收获时的土壤贮水量。生育期降雨量通过 MM-950 自动气象站获得。利用土壤水分平衡方程计算每个小区作物耗水量( $ET$ )。

小区产量: 成熟时, 按每个小区实收计产。

耗水量  $ET(\text{mm}) = \text{播前 } 2 \text{ m 土壤贮水量} - \text{收获时 } 2 \text{ m 土壤贮水量} + \text{生育期降水量}$ 。

作物水分利用效率  $WUE[\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})] = \text{小麦籽粒产量}/\text{耗水量}$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 稀植栽培对冬小麦旗叶光合速率的影响

旱地冬小麦减少播种量后, 提高了扬花到蜡熟期叶片光合速率, 降低了光合衰减率。表 1 可以看出, 供试小麦品种从扬花期开始, 基本苗多(450 万株/ $\text{hm}^2$ , 代表传统高产栽培)的旗叶光合速率明显低于基本苗少的, 且随着生育进程, 光合速率下降迅

速, 光合衰减率大, 开花到蜡熟期的旗叶光合衰减率高达 49.4%~75.8%; 基本苗小(150 万株/ $\text{hm}^2$ )的群体, 有利于后期光合速率保持较高的水平, 开花到蜡熟期光合速率衰减为 24.2%~32.4%, 有利于小麦高产。

表 1 不同处理生育后期旗叶的光合速率

Table 1 Photosynthetic rate of flag leaves at late growth stages of different treatments

品种 Cultivar	播种量 Plant density ( $10^4$ plants/ $\text{hm}^2$ )	光合速率 $P_n$ [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]		
		扬花期 Anthesis	灌浆中期 Mid-filling	蜡熟期 Dough stage
1R17	150	7.36	8.87	5.56
	225	7.20	8.65	4.92
	300	7.22	8.63	4.85
	375	7.15	8.45	4.31
	450	7.19	8.09	4.09
宁麦 5 号 Ningmai5	150	9.50	11.50	7.23
	225	9.34	10.94	7.04
	300	9.38	10.78	6.89
	375	9.23	10.53	6.26
	450	9.18	10.08	5.73
陇鉴 386 Longjian386	150	9.43	10.99	7.32
	225	9.31	10.71	7.31
	300	9.30	10.50	6.90
	375	9.28	10.34	6.35
	450	9.27	10.17	6.17
陇鉴 301 Longjian301	150	9.74	11.12	7.84
	225	9.55	11.04	7.47
	300	9.35	10.89	7.06
	375	9.21	10.42	6.41
	450	9.19	10.12	6.15

### 2.2 稀植栽培下冬小麦群体透光特性比较

群体内光照分布是衡量小麦高产群体结构和提高光能利用率的指标之一。以穗上部自然光照为准, 分别测定群体旗叶部位、倒二叶部位和地表处的光照, 并计算透光率。表 2 表明, 播量越大, 群体中下部受光条件越差。旗叶和倒二叶是后期光合的主要部位, 基本苗 300 万株/ $\text{hm}^2$  处理, 在灌浆中期光照分别占自然光的 81.09%~87.12% 和 53.42%~59.84%, 地表光照占自然光的 2.02%~3.94%; 而基本苗 450 万株/ $\text{hm}^2$  处理, 在灌浆中期光照分别占自然光的 72.44%~79.86% 和 49.24%~52.59%, 地表光照占自然光的 0.99%~1.57%。小麦后期群体内的通风通光是影响物质积累的重要因素, 稀植栽培麦田群体在这方面表现出极大的优越性。

表 2 不同处理生育后期群体透光率(%)

Table 2 Light transmission rate of population at late growth stages of different treatments

品种 Cultivar	播种量 Plant density ( $10^4$ plants/hm <sup>2</sup> )	旗叶部位透光率 Light transmission to flag leaf			倒二叶部位透光率 Light transmission to second leaf			底层透光率 Light transmission to ground		
		扬花期 Anthesis	灌浆中期 Mid-filling	蜡熟期 Dough stage	扬花期 Anthesis	灌浆中期 Mid-filling	蜡熟期 Dough stage	扬花期 Anthesis	灌浆中期 Mid-filling	蜡熟期 Dough stage
		1R17	150	85.39	86.30	85.64	57.13	59.69	69.98	3.22
	225	85.61	86.05	85.68	55.70	57.12	65.70	3.02	3.92	6.86
	300	82.98	84.76	83.62	50.19	53.42	55.28	1.35	2.02	4.94
	375	72.87	79.15	80.69	49.25	52.12	56.82	1.09	1.57	4.53
	450	65.51	72.44	73.05	48.46	51.89	62.09	0.18	0.99	7.51
宁麦 5 号 Ningmai No.5	150	87.31	88.39	88.94	59.16	61.92	69.73	4.49	6.02	16.49
	225	80.40	81.22	82.76	55.04	57.29	64.55	3.94	4.42	11.47
	300	79.97	81.09	82.81	51.14	53.96	55.60	2.84	3.26	6.60
	375	72.54	74.64	76.48	48.64	51.59	54.38	1.66	3.06	9.98
	450	70.06	73.25	77.47	46.05	50.97	60.15	0.48	1.21	13.29
陇鉴 386 Longjian386	150	92.88	93.72	94.08	61.69	63.97	70.93	5.59	7.33	15.77
	225	89.41	90.04	91.08	60.08	62.66	67.25	3.26	4.62	10.51
	300	86.52	87.12	86.03	55.81	59.84	61.97	3.07	3.94	6.07
	375	82.76	85.09	86.76	54.92	58.39	62.89	1.96	3.06	7.49
	450	75.72	79.86	81.09	45.86	49.24	57.08	0.39	1.57	11.51
陇鉴 301 Longjian301	150	88.84	89.74	90.66	64.62	66.62	72.62	4.20	6.62	16.25
	225	84.29	85.80	86.80	60.90	62.26	67.88	3.63	5.12	11.53
	300	80.14	81.74	80.18	57.08	59.02	61.84	3.05	4.14	9.37
	375	74.60	77.65	79.86	54.06	57.61	57.61	1.87	2.67	7.69
	450	72.63	75.33	78.96	51.59	55.59	62.93	0.43	1.24	13.30

### 2.3 稀植栽培对冬小麦旗叶相对电子传递速率和光合量子产量的影响

由表 3 可知,供试冬小麦品种光合量子产量(稳态光照下 PS II 的实际量子产量,反映 PS II 反应中心在部分关闭情况下的实际原初光能捕获效率)和相对电子传递速率在扬花期开始呈降低的趋势,但不同播量处理之间存在一定差异。4 个供试品种共同表现为最大播量(450 万株/hm<sup>2</sup>)处理的光合量子产量和相对电子传递速率在扬花到蜡熟期均处于最低,从扬花到蜡熟期,光合量子产量和相对电子传递速率分别下降 11.0%~30.0% 和 26.79%~31.53%,播量较小的群体(150 万株/hm<sup>2</sup>)处理光合量子产量和相对电子传递速率分别下降 8.05%~9.32% 和 8.65%~20.87%。表明高密度处理 PS II 天线色素捕获的光能用于光合作用的少于低密度处理,以热的形式耗散掉的光能部分明显偏多。

### 2.4 稀植栽培对冬小麦产量的影响

图 1 表明,不论哪个基因型,在试验设计的密度范围内,籽粒产量与播种密度呈二次抛物线关系,说明群体大小与产量有一定的协调关系,这种关系因基因型不同有一定差异。方差分析表明,产量在品

种间差异和播量间的差异都达到了极显著水平。但不同播种量之间的差异远远大于不同品种之间的差异。4 个供试品种中,2007(干旱年)和 2008(平水年)年度陇鉴 301、陇鉴 386 和宁麦 5 号产量表现最好,在 375 万株/hm<sup>2</sup> 播量下产量最高,分别为 3 998.9 和 4 120.0 kg/hm<sup>2</sup>、3 713.1 和 5 170.0 kg/hm<sup>2</sup>、3 719.3 和 4 350.0 kg/hm<sup>2</sup>,但在 300 和 375 万株/hm<sup>2</sup> 播量下,产量差异不显著。从提高产量的角度看,不管在干旱年份和正常降水年份,3 个小麦品种在生产上应适当降低传统高产栽培播量(450 万株/hm<sup>2</sup>),采用稀植栽培,并注意提高播种均匀度,为实现高产奠定基础。

### 2.5 稀植栽培对冬小麦田间耗水量和水分利用效率的影响

由图 2 所示,耗水量随播种密度的增加而增加,各处理之间耗水量变异幅度为 5.84~20.2 mm,差异不显著。水分利用效率与播种密度呈二次抛物线关系,说明群体大小与水分利用效率也有一定的协调关系。在 375 万株/hm<sup>2</sup> 播量下陇鉴 301、陇鉴 386、宁麦 5 号 3 个冬小麦品种水分利用效率最高,2007(干旱年)和 2008(平水年)年度水分利用效率分

表 3 不同处理生育后期的相对电子传递速率[ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ]和光合量子产量  
Table 3 Relative rate of electron transport and photosynthesis yield at late growth stages of different treatments

品种 Cultivar	播种量 Plant density $10^4 \text{ plants}/\text{hm}^2$	光合量子产量(Y) photosynthesis yield			相对电子传递速率( $r\text{ETR}$ ) relative rate of electron transport		
		扬花期 Anthesis	灌浆中期 Mid-filling	蜡熟期 Dough stage	扬花期 Anthesis	灌浆中期 Mid-filling	蜡熟期 Dough stage
1R17	150	0.481	0.464	0.440	109.44	105.45	90.54
	225	0.455	0.434	0.413	98.57	97.25	84.34
	300	0.451	0.431	0.409	97.33	97.26	83.35
	375	0.464	0.442	0.395	97.37	96.67	82.36
	450	0.455	0.431	0.350	92.40	87.16	70.25
宁麦 5 号 Ningmai No. 5	150	0.482	0.461	0.442	125.33	123.25	115.35
	225	0.475	0.456	0.433	121.97	118.48	109.57
	300	0.451	0.432	0.418	114.47	109.26	97.35
	375	0.459	0.438	0.416	106.80	101.83	91.92
	450	0.445	0.430	0.401	99.93	94.85	76.94
陇鉴 386 Longjian386	150	0.512	0.491	0.472	132.45	126.33	113.80
	225	0.503	0.484	0.462	128.53	122.44	107.78
	300	0.501	0.482	0.457	119.93	113.85	100.90
	375	0.492	0.471	0.450	109.44	105.47	90.56
	450	0.486	0.469	0.423	100.77	95.35	79.48
陇鉴 301 Longjian301	150	0.443	0.422	0.410	125.36	119.00	106.06
	225	0.440	0.421	0.395	120.33	110.33	102.46
	300	0.431	0.412	0.383	102.47	101.46	89.56
	375	0.427	0.407	0.381	99.54	97.26	85.35
	450	0.419	0.393	0.347	95.22	92.57	74.96

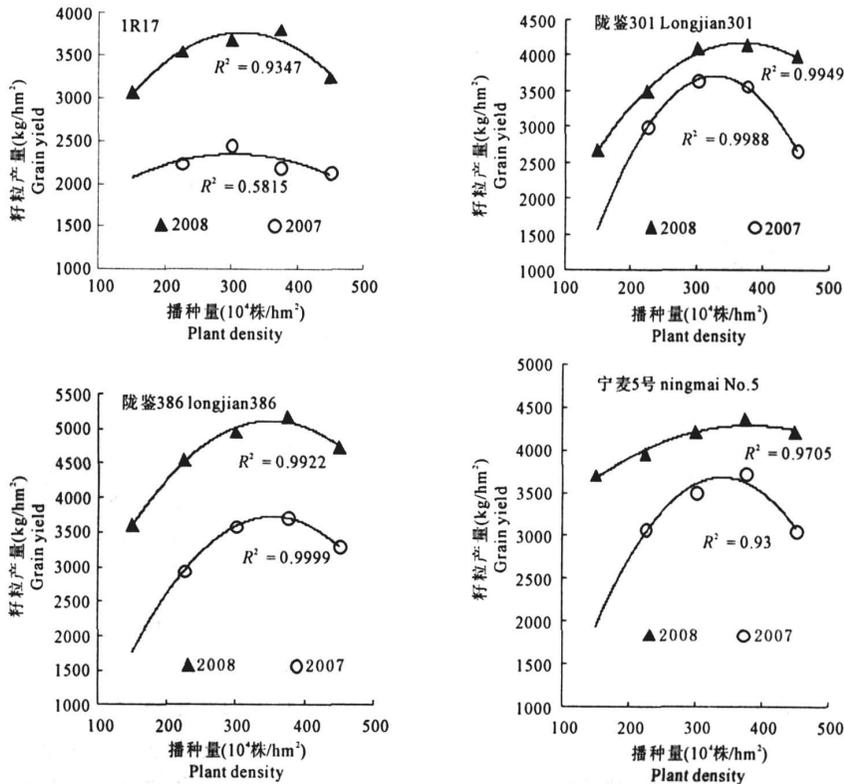


图 1 不同处理冬小麦的产量

Fig. 1 Grain yield of different treatments

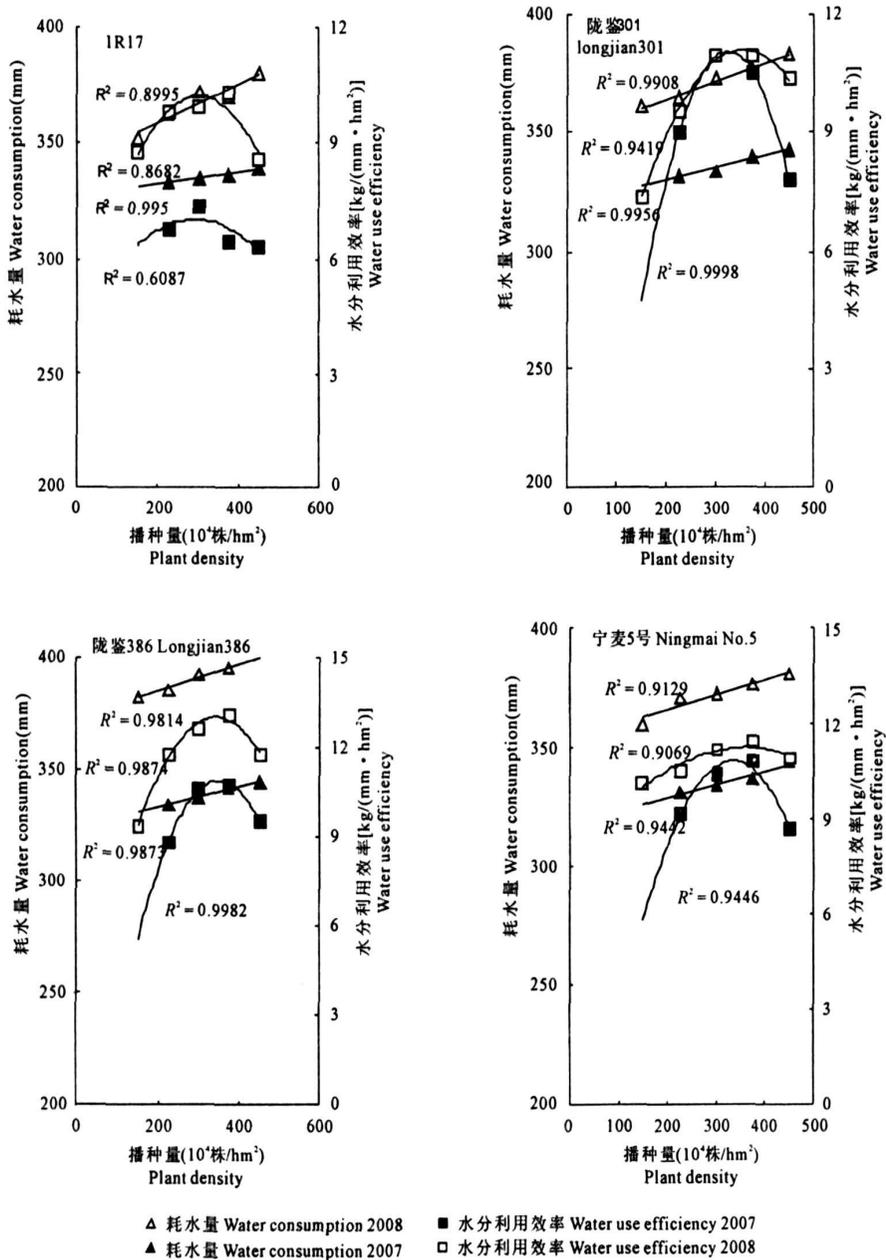


图 2 不同处理冬小麦的水分利用效率和耗水量

Fig.2 Water use efficiency and water consumption of different treatments

别为  $10.5 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  和  $10.94 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 、 $10.8 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  和  $13.1 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ 、 $11.0 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$  和  $11.5 \text{ kg}/(\text{mm} \cdot \text{hm}^2)$ ，但在  $300 \text{ 万株}/\text{hm}^2$  和  $375 \text{ 万株}/\text{hm}^2$  播量下，水分利用效率差异不显著。从提高水分利用效率的角度看，不管在干旱年和平水年，3 个供试品种适当降低播量均能提高水分利用效率。

### 3 结论与讨论

要发挥品种的增产潜力，首先要建立合理的群体结构。尽管合理群体结构的标准因生态条件、生

产水平和品种特性而有所不同，但其共同的特点是群体和个体能够协调发展，冠层内部辐射分布合理，光能利用率高<sup>[4]</sup>。提高光能利用率，一方面要尽量截获光能，另一方面要提高光能转化效率<sup>[5]</sup>。其中播量是影响旱地小麦光能利用、产量和水分利用效率的重要农艺措施之一<sup>[1,6,7]</sup>。植物不同生育时期叶片光合作用的变化，是评价植株光合生产能力的-一个重要理论依据<sup>[8,9]</sup>。小麦产量的 90%~95%来自光合作用<sup>[10]</sup>，尤其是生育后期，功能叶片的光合产物对籽粒的贡献可达 80%<sup>[11]</sup>。前人对不

同播量下小麦生育后期的光合特性研究发现,小麦旗叶的  $P_n$  随密度增加而下降,且灌浆后期下降的幅度大于灌浆初期。但也有人认为旗叶的  $P_n$  随密度增加没有明显的下降趋势,过低密度处理的旗叶  $P_n$  到后期反而低于其他密度处理的<sup>[12]</sup>。本研究对冬小麦生育后期旗叶的  $P_n$ 、光合量子产量、相对电子传递速率和群体透光特性研究表明,从扬花到蜡熟期,冬小麦旗叶的  $P_n$  随密度增加而降低,且越后期降低幅度越大,播量为 450 万株/hm<sup>2</sup> 处理比 150 万株/hm<sup>2</sup> 播量处理旗叶的光合衰减率提高 25.2%~43.5%,光合量子产量和相对电子传递速率分别降低 2.95%~20.68%和 10.66%~18.32%,群体上层的光截获量增加,中下部受光条件较差。表明稀植栽培下小麦生育后期在光合能力、电子传递和光能转化方面均具有明显优势。

本研究播量范围(150~450 万株/hm<sup>2</sup>)内,供试 4 个品种在 375 万株/hm<sup>2</sup> 播量下,陇鉴 301、陇鉴 386、宁麦 5 号 3 个冬小麦品种产量和水分利用效率最高,且在 300 万株/hm<sup>2</sup> 和 375 万株/hm<sup>2</sup> 播量下,产量和水分利用效率差异不显著。不同降雨年型,产量和水分利用效率在此播量下最高且保持相对稳定。播种密度增加至 450 万株/hm<sup>2</sup> 或降至 225~150 万株/hm<sup>2</sup> 后,籽粒产量和水分利用效率显著降低,播量与产量和水分利用效率呈二次抛物线关系。耗水量随播种密度的增加而增加,各处理之间耗水量变异幅度为 5.84~20.2 mm,差异不显著。所以,300~375 万株/hm<sup>2</sup> 的播种量应是陇东旱塬地主茎和分蘖成穗并重型冬小麦播种的适宜播量。对主茎成穗型和分蘖成穗型冬小麦品种的适宜播量有待进一步研究。因此,减少传统高产栽培播量(450 万株/hm<sup>2</sup>)可提高小麦生育后期旗叶的净光合速率、光合量子产量、相对电子传递速率,改善和调节群体的光

环境,较好地解决了群体发展和个体发育的矛盾,从而提高小麦光能利用率、籽粒产量和水分利用效率。目前已有小麦精播机可配套,生产上应用稀植栽培技术的可行性和可操作性较大,使小麦种植的经济效益和社会效益得到有机结合,因而推广前景较好。

#### 参考文献:

- [1] 余松烈. 中国小麦栽培理论与实践[M]. 上海:上海科学技术出版社,2006:54-68.
- [2] 曹广才,吴东兵,李荣旗,等. 冬小麦小量播种的品种和播量筛选及产量和品质效应研究[J]. 麦类作物学报,2004,24(3):80-83.
- [3] 樊廷录,宋尚有,徐银萍,等. 旱地冬小麦灌浆期冠层温度与产量和水分利用效率的关系[J]. 生态学报,2007,27(11):4491-4497.
- [4] 赵会杰,李有,邹琦. 两个不同穗型小麦品种的冠层辐射和光合特征的比较研究[J]. 作物学报,2002,28(5):654-659.
- [5] 陈雨海,余松烈,于振文. 小麦生长后期群体光截获量及其分布与产量的关系[J]. 作物学报,2003,29(5):730-734.
- [6] 郭天财,王书丽,王晨阳,等. 种植密度对不同筋力型小麦品种荧光动力学参数及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2005,25(3):63-66.
- [7] 马爱平,王娟玲,靖华,等. 不同播种行距与密度对小麦产量和水分利用效率的影响[J]. 陕西农业科学,2009,(1):3-5.
- [8] Guo J M, Jemyn W A, Turnbull M H. Diurnal and seasonal photosynthesis in two asparagus cultivars with contrasting yield [J]. Crop Science, 2002, 42:399-405.
- [9] 徐克章,张美善,武志海,等. 人参不同生育期叶片光合作用变化的研究[J]. 作物学报,2006,32(10):1519-1524.
- [10] 胡廷积,杨永光,马元喜,等. 小麦生态与生产技术[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1986:19-23.
- [11] 郑玉尧. 作物生理学导论[M]. 北京:北京农业大学出版社,1992:121-127.
- [12] 张永丽,肖凯,李雁鸣. 种植密度对杂种小麦 C6-38/P<sub>y</sub>85-1 旗叶光合特性和产量的调控效应及其生理机制[J]. 作物学报,2005,31(4):498-505.

(英文摘要下转第 118 页)

## Effects of plastic film-mulching in different stages on soil water content and spring maize yield of dryland in western Liaoning

XIN Dong-xu, ZHANG Yu-long<sup>\*</sup>, HUANG Yi, ZHANG Yu-ling, ZHANG Zhe-yuan,  
CUI Ning, SONG Wen, CHEN Fu-qiang

(College of Soil and Environment, Key laboratory of Agricultural Resources and Environment of Liaoning Province,  
Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China)

**Abstract:** In order to make clear the effects of plastic film-mulching in autumn and in early spring on soil water content and spring maize yield of dryland in western Liaoning, field plot experiments were conducted in Jianping Country of Liaoning Province. The results showed that plastic film-mulching in early spring and in autumn before sowing could improve the water-holding capability of soil in the depth of 15 cm. The average yield of spring maize with plastic-film mulching in autumn and in early spring and traditional cultivation was 5 814.6 kg/hm<sup>2</sup>, 4 997.33 kg/hm<sup>2</sup> and 4 069.46 kg/hm<sup>2</sup>. Compared to the traditional cultivation, plastic film mulching in early spring and in autumn could increase the average yield by 30.01% and 18.57% and increase water use efficiency by 18.45% and 29.43% respectively.

**Keywords:** maize; plastic film-mulching; mulching time; soil water content; water use efficiency; yield

(上接第 107 页)

## Effects of low seedling density cultivation on photosynthetic characteristics and grain yield and water use efficiency of dryland winter wheat

LI Shang-zhong<sup>1</sup>, FAN Ting-lu<sup>2</sup>, WANG Li-ming<sup>1</sup>, WANG Yong<sup>1</sup>, ZHAO Gang<sup>1</sup>, TANG Xiao-ming<sup>1</sup>

(1. Institute of Dryland Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Department of Scientific Research Management, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China)

**Abstract:** In order to evaluate effects of low seedling density cultivation on photosynthetic characteristics and grain yield and water use efficiency of dryland winter wheat, the photosynthetic rate and photosynthesis yield and relative electron transport rate of winter wheat flag leaves, light transmission rate of population, grain yield and water use efficiency were measured and analyzed with 4 winter wheat varieties under lower density in field experiments. The results showed that, in the period from anthesis to dough stage, photosynthetic rate and photosynthesis yield and relative electron transport rate of flag leaves, light transmission rate of population were improved by low seeding density cultivation, change trend of them among different wheat varieties were the same. Compared with plant density of  $150 \times 10^4$  plants/hm<sup>2</sup>, photosynthesis attenuation rate of traditional plant density of  $450 \times 10^4$  plants/hm<sup>2</sup> increased by 25.2~43.5 percent point, photosynthesis yield and relative electron transport rate of them decreased 2.95%~20.68% and 10.66%~18.32%, respectively, and the proportion of the reception of photosynthesis active radiation increased upper the layer of flag leaf, and decreased the proportion received lower the layer of flag leaf. These suggested that low seedling density cultivation have great advantages in photosynthesis ability, electron transfer, and light energy transform at late growth stage. The relative low planting density ( $300 \sim 375 \times 10^4$  plants/hm<sup>2</sup>) will benefit the construction of population structure, which increases grain yield and water use efficiency of dryland winter wheat to a much higher level, and the grain yield and water use efficiency were respectively increased by 12.55% and 14.48% compared to that of traditional plant density of  $450 \times 10^4$  plants/hm<sup>2</sup>.

**Keywords:** low seedling density cultivation; dryland winter wheat; photosynthetic characteristics; grain yield; water use efficiency