

研究
简报

垄作栽培对小麦植株形态和产量性状的影响

王法宏¹ 杨洪宾² 徐成忠² 李升东¹ 司纪升¹

(¹ 山东省农业科学院作物研究所, 山东济南 250100; ² 济宁市农业技术推广站, 山东济宁 272037)

摘 要: 与传统平作相比, 垄作栽培使小麦植株的基部节间缩短, 株高显著降低; 旗叶和倒 2 叶叶面积变小, 而倒 5 叶叶面积变大, 有利于构建“松塔型”理想株型; 株型构成指数改善, 有利于优化叶片的空间分布; 冠层绿叶干重明显增加; 穗粒数增加、千粒重提高, 显著增产。

关键词: 小麦; 垄作; 植株形态; 产量性状

Effect of Raised Bed Planting on Plant Morphological Characters and Grain Yield of Winter Wheat

WANG Fa-Hong¹, YANG Hong-Bin², XU Cheng-Zhong², LI Sheng-Dong¹, and SI Ji-Sheng¹

(¹ Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong; ² Jining Agricultural Technique Extension Station, Jining 272037, Shandong, China)

Abstract: Compared with conventional flat planting, plant morphological characters related to grain yield of winter wheat changed greatly by the raised bed planting model. The basal internodes and plant height were shortened, the areas of flag leaf and the second leaf from the top were smaller and the fifth leaves from the top larger being conducive to build up ideal pageda-shape plant, the dry weight of green leaves in canopy was heavier and grain yield increased.

Keywords: Winter wheat; Raised bed planting; Plant morphological characters; Grain yield

“小麦叶龄指标促控法技术体系”和“小麦精播、半精播技术”是我国小麦栽培研究领域的两项重大技术突破, 推动了小麦生产的发展^[1,2]; 但上述技术均是在传统平作及大水漫灌的栽培条件下研究成功的。随着人口的增加和社会经济的快速发展, 一方面社会对农产品的需求量在迅速增加, 另一方面工业用水、生活用水、生态用水和农业用水的竞争日益激烈, 农业用水占社会耗水的比例在不断下降。故提高水分生产效率, 发展节水农业已成为现代农业研究的重要课题之一^[3]。传统平作及大水漫灌的栽培方式越来越表现出水分生产效率低、水土流失严重、加剧水环境污染等弊端^[4,6]。在发达国家, 农作物的水分生产效率可达 2.32 kg m⁻³, 而中国的井灌区为 1.2~1.4 kg m⁻³, 引黄灌区则仅为 0.8~1.0 kg m⁻³^[3]。为了克服传统平作的上述缺点, 自 1998 年始开展了小麦垄作栽培技术的研究, 经过 8 年的试验研究和示范, 证明其节水、省肥、降低成本、提高抗逆能力及籽粒产量等多种优点^[7-10], 是一项值得推广的小麦高效栽培技术。为了探索该技术的抗逆增产机制, 进行了本研究。

1 材料与与方法

采用济麦 19、济麦 21 和烟农 19 三个品种, 分别于 1998—2001 (济南)、2001—2003 (济宁) 和 2003—2004 年 (青州) 进行了传统平作 (半精量播种) 和垄作对小麦植株形态和产量结构影响的比较试验。各试验点的小区面积均为 36 m², 重复 3 次。10 月上旬播种, 基本苗均为 150~180 万 hm⁻²。垄作栽培用专用的小麦垄作播种机播种, 起垄、播种一次完成; 垄带宽 75 cm, 垄上种 3 行小麦, 行距 15 cm, 垄间行距 45 cm, 平均行距 25 cm; 传统平作用小麦半精量播种机播种, 畦宽 1.7 m, 种 7 行, 平均行距 24.3 cm。磷肥和钾肥全部作基肥, 氮肥 50% 作基肥, 50% 拔节期追施; 全生育期浇水 3 次, 分别是越冬水、拔节水和灌浆水; 传统平作的灌水量为 2 700 m³ hm⁻² 左右, 垄作栽培的灌水量为 2 100 m³ hm⁻² 左右。株高构成指数的计算采用刘兆晔等的方法^[11]。该指数是指茎秆上、下节间长度之间的比例关系, 其数值为任一节间长度与该节间加下一节间长度之和的比值 (I_n) 或穗下节

基金项目: 山东省科技攻关项目 (2004GG2209147)

作者简介: 王法宏 (1961—), 研究员, 主要从事小麦高产生理研究。Tel: 0531-83179925; E-mail: wheat-cui@163.com

Received (收稿日期): 2006-08-21; Accepted (接受日期): 2006-12-19.

间和倒二节间长度之和与株高的比值(I_L),该比值决定茎上叶片的着生部位和配置状况,因而与产量性状密切相关^[11]。

2003—2005 年,以年种植面积达到 800 hm^2 的济麦 20 为试验品种分析籽粒灌浆期不同栽培方式冠层内绿色叶片干重的垂直分布状况。于灌浆中期(5 月 20~25 日)进行大田层切,自然状态下从地表开始每 10 cm 为一层,将各层的绿色叶片分开装袋,分别称重。

2 结果与分析

2.1 不同栽培模式对小麦植株形态的影响

表 1 不同栽培模式对小麦植株各节间长度及株高的影响

Table 1 Effect of planting model on internode length and plant height in wheat (cm)

栽培模式 Planting model	济麦 19 Jimai 19			济麦 21 Jimai 21			烟农 19 Yannong 19		
	一节间	二节间	株高	一节间	二节间	株高	一节间	二节间	株高
	1 st internode	2 nd internode	Plant height	1 st internode	2 nd internode	Plant height	1 st internode	2 nd internode	Plant height
垄作 RBP	4.6 a	6.1 a	70.8 a	4.7 a	8.4 a	76.1 a	4.3 a	7.9 a	72.2 a
平作 CFP	5.5 b	7.3 b	75.1 b	4.8 b	9.7 b	81.8 b	5.6 b	8.6 b	76.7 b

每列数据后的不同字母表示达 0.05 差异水平。

Values followed by a different letter within a column are significantly different at 0.05 probability level. RBP: raised bed planting; CFP: conventional flat planting.

表 2 不同栽培模式对小麦株高构成指数的影响

Table 2 Effect of planting model on plant height component index in wheat

栽培模式 Planting model	济麦 19 Jimai 19			济麦 21 Jimai 21			烟农 19 Yannong 19		
	I_1	I_2	I_L	I_1	I_2	I_L	I_1	I_2	I_L
垄作 RBP	0.62 a	0.58 a	0.58 b	0.63 a	0.57 b	0.56 b	0.61 a	0.60 b	0.57 b
平作 CFP	0.61 a	0.58 a	0.56 a	0.62 a	0.54 a	0.53 a	0.59 a	0.57 a	0.54 a

每列数据后的不同字母表示达 0.05 差异水平。 I_1 = 穗下节间长度/(穗下节间长度 + 穗下倒二节间长度); I_2 = 穗下倒二节间长度/(穗下倒二节间长度 + 穗下倒三节间长度); I_L = (穗下节间长度 + 穗下倒二节间长度/株高)。

Values followed by a different letter within a column are significantly different at 0.05 probability level. RBP = raised bed planting; CFP = conventional flat planting. I_1 = length of the 1st internode from spike/(length of the 1st internode from spike + length of 2nd internode from spike); I_2 = length of 2nd internode from spike / (length of 2nd internode from spike + length of 3rd internode from spike); and I_L = (length of the 1st internode from spike + length of 2nd internode from spike)/height of plant.

2.1.1 对小麦植株茎生叶叶面积及功能叶干重垂直分布的影响

与传统平作相比,垄作栽培条件下,小麦旗叶和倒二叶叶面积变小,而倒五叶叶面积增加(表 3),差异达显著水平($P < 0.05$)。其原因可能是倒五叶形成的早春季节,垄作小麦根际土壤的昼夜温差较大^[12],从而有利于干物质积累;

2.1.1 对植株各节间长度、株高及株高构成指数的影响

与传统平作相比,垄作栽培使小麦植株的节间长度缩短,株高显著降低($P < 0.05$)(表 1),这有利于提高垄作小麦的抗倒伏能力^[9]。

从表 2 可以看出,与传统平作相比,垄作栽培明显提高供试品种的株高构成指数和各节间的构成指数,其中,3 个供试品种在垄作栽培条件下的株高构成指数(I_L)显著大于传统平作($P < 0.05$)。株高构成指数和各节间的构成指数的高低可反映出植株抗倒伏能力的强弱^[9]。

而旗叶和倒二叶形成的生育中期,垄作小麦田间通风透光条件较好,相对湿度较低^[13],有利于小麦的稳健生长。从提高光能利用效率的角度考虑,上部叶片变小有利于改善群体内的通风透光条件,而下部叶片变大则有利于减少漏光损失。可见,垄作栽培技术有利于构建“松塔型”的理想株型结构。

表 3 不同栽培模式对小麦叶面积的影响

Table 3 Effect of planting model on leaf area

栽培模式 Planting model	济麦 19 Jimai 19			济麦 21 Jimai 21			烟农 19 Yannong 19		
	旗叶 Flag leaf	倒 2 叶 Leaf 2 nd from top	倒 5 叶 Leaf 5 th from top	旗叶 Flag leaf	倒 2 叶 Leaf 2 nd from top	倒 5 叶 Leaf 5 th from top	旗叶 Flag leaf	倒 2 叶 Leaf 2 nd from top	倒 5 叶 Leaf 5 th from top
垄作 RBP	23.12 a	29.02 a	9.98 b	24.16 a	30.31 a	11.12 b	24.32 a	31.03 a	11.96 a
平作 CFP	25.67 b	31.41 b	7.30 a	26.24 b	32.42 b	9.06 a	26.47 b	33.16 b	11.57 a

每列数据后的不同字母表示达 0.05 差异水平。

Values followed by a different letter within a column are significantly different at 0.05 probability level. RBP: raised bed planting; CFP: conventional flat planting.

由图 1 可见,灌浆中期垄作栽培小麦群体各层次绿色叶片干重均比传统平作栽培小麦群体相应层次增加,总干重增加 32.81 g m^{-2} ,即 26.05%。群体各层次绿色叶片干重增加,说明垄作栽培不仅有利于小麦叶片的稳健生长,而且因垄作栽培小麦群体内通风透光好^[13]、叶片衰老慢,功能期较

长,有利于提高群体光合生产能力。

2.1.3 垄作栽培对小麦产量性状及籽粒产量的影响

多品种、多年、多点的试验结果表明(表 4),与传统平作相比,小麦垄作栽培显著增产。从两种栽培方式的产量构成可以看出,垄作栽培的单位面积穗数较传统平作略有减少,但未

表4 不同栽培模式对小麦产量性状及籽粒产量的影响
Table 4 Effect of planting model on grain yield and its components

栽培模式 Planting model	济麦 19 Jimai 19				济麦 21 Jimai 21				烟农 19 Yamong 19			
	穗数 No. of spikes (m ⁻²)	每穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	籽粒产量 Grain yield (kg hm ⁻²)	穗数 No. of spikes (m ⁻²)	每穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	籽粒产量 Grain yield (kg hm ⁻²)	穗数 No. of spikes (m ⁻²)	每穗粒数 Grains per spike	千粒重 1000-grain weight (g)	籽粒产量 Grain yield (kg hm ⁻²)
老作 RBP	525 a	35.4 b	40.3 b	6366 b	532 a	34.7 b	41.3 b	6481 b	519 a	41.6 b	43.6 b	7518 b
平作 CFP	567 a	31.3 a	38.6 a	5822 a	546 a	31.3 a	39.5 a	5737 a	559 a	35.8 a	42.1 a	6912 a

每列数据后的不同字母表示达 0.05 差异水平。

Values followed by a different letter within a column are significantly different at 0.05 probability level. RBP: raised bed planting; CFP: conventional flat planting.

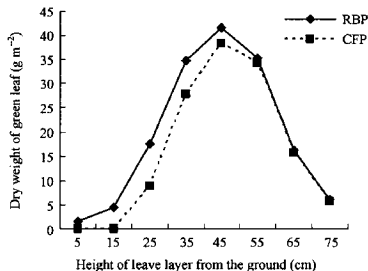


图1 灌溉中期茎作与平作小麦不同层次绿叶片干重比较
Fig. 1 Comparison of dry weight of green leaves for Raised Bed Planting and Conventional Flat Planting at middle gain filling period

达显著水平;每穗粒数和千粒重却明显增加,均达显著水平。可见,小麦茎作栽培可比传统平作优化小麦产量构成因素,从而获得更高的籽粒产量。

3 讨论

本研究发现,小麦茎作栽培在缩短基部节间、降低株高的同时,还改善了小麦的株高构成指数,为茎作小麦具有较强的抗倒伏能力提供了新的理论依据。刘兆晔等^[11]认为,株高构成指数不仅反映了光合面积的空间位置,而且反映了同化物运转分配方面的信息,与植株的抗倒伏能力、群体光合强度和群体产量有着密切的正相关关系;朱新开等^[14]也指出,株高构成指数相对较高的品种抗倒伏能力较强,可以用株高构成指数反映抗倒能力。

茎作栽培有利于建立“松塔型”的理想株型,并改善群体的通风透光条件,提高光能利用效率^[12]。

与传统平作相比,小麦茎作栽培条件下,虽然单位面积的穗数略有减少,但每穗粒数和千粒重却显著提高,并实现了增产。可见小麦茎作栽培可以充分发挥小麦的边行优势,优化小麦的产量结构。

与传统平作的大水漫灌相比,小麦茎作栽培具有节水、省肥、增产等优点^[1-10],是一种较传统平作更为理想的栽培技术,适合在山东、河南、甘肃、山西和宁夏等省、自治区进行较大面积示范,并取得了较好的效果。但该技术的大面积推广仍有赖于相应配套机械的研制和开发以及国家对农业灌溉用水水资源管理政策的不断完善。

References

- [1] Zhu D-H (褚德辉), Li H-X (李鸿祥), Wei W-Q (魏文琪). Culture methods according to leaf index on wheat as atechicalsystem. In: Lu L-S (卢良恕). Advances of Wheat Cultivation Research in China (中国小麦栽培研究进展). Beijing: China Agriculture Press, 1993. pp 86-89 (in Chinese)
- [2] Yu S-L (余松烈), Qi X-H (齐新华), Yu Z-W (于振文), Yue S-S (岳寿松). The theory and practice on high yielding cultivation of precision drilling and partial precision drilling of winter wheat. In: Lu L-S (卢良恕). Advances of wheat cultivation research in China (中国小麦栽培研究进展). Beijing: China Agriculture Press, 1993. pp 86-89 (in Chinese)
- [3] Dai T-X (戴同霞), Li X-L (李锡录). Developing water-saving agriculture and impelling agriculture science and technology revolution. In: Shandong Society of Agricultural Science (山东农学会). Study and Popularization of Water-Saving Agriculture in Shandong Province (山东省农业节水研究与推广). Jinan: Publishing House of Jinan, 2000. pp 6-28 (in Chinese)
- [4] Elmi A A, Madramootoo C M, Liu A, Hemal C. Environmental and agronomic implication of water table and nitrogen fertilization management. *J Environ Qual*, 2002, 31: 1858-1867
- [5] James D B, Colvin T S, Karlen D L, Cambardella C A, Meek D W. Nitrate loss in subsurface drainage as affected by nitrogen fertilizer rate. *J Environ Qual*, 2001, 30: 1305-1314
- [6] Xiao X, Zhou J, Yang Z. Nitrogen contamination in the Yellow River basin of China. *J Environ Qual*, 2002, 31: 917-925
- [7] Limon-Ortega A, Sayre K D, Francis C A. Wheat nitrogen use efficiency in a bed-planting system in northwest Mexico. *Agron J*, 2002, 92: 303-308
- [8] Sayre K D, Moreno Ramos O H. Application of raised bed-planting system to wheat. In: CIMMYT. Wheat Program Special Report. Mexico: CIMMYT, 1997
- [9] Wang F H, Wang X Q, Ken S. Comparison of conventional, flood irrigated, flat planting with furrow irrigated, raised bed planting for winter wheat in China. *Field Crops Res*, 2004, 87: 35-42
- [10] Wang F H, Xu H L, Wang X Q. Water and nitrogen use efficiency and soil physical properties as affected by raised bed planting in wheat production. *Jpn J Crop Sci*, 2003, 72: 134-137
- [11] Liu Z-Y (刘兆晔), Yu J-C (于经川), Mou C-S (牟春生), Liu W-Z (刘维正), Wang J-C (王江春), Chen Y-N (陈永娜). A study on the plant height component indexes of wheat. *J Laiyang Agric Coll (莱阳农学院学报)*, 2000, 17: 120-123 (in Chinese with English abstract)
- [12] Yang H-B (杨洪滨), Yan L (闫路), Xu C-Z (徐成忠), Wang D-M (王德民), Wang F-H (王法宏). Influence of temperature with different soil layers under raised bed planting in early spring. *Shandong Agric Sci (山东农业科学)*, 2005, (6): 28-30 (in Chinese with English abstract)
- [13] Wang X-Q (王旭清), Wang F-H (王法宏), Ren D-C (任德昌), Cao H-X (曹宏鑫), Dong Y-H (董玉红). Micro-climatic effect of raised bed planting of wheat and its influence on plant development and yield. *Chin J Agrometeorol (中国农业气象)*, 2003, 24: 5-8 (in Chinese with English abstract)
- [14] Zhu X-K (朱新开), Wang X-J (王祥菊), Guo K-Q (郭凯泉), Guo W-S (郭文善), Feng C-N (封超年), Peng Y-X (彭永欣). Stem characteristics of wheat with stem lodging and effects of lodging on grain yield and quality. *J Triticeae Crops (麦类作物学报)*, 2006, 26: 87-92 (in Chinese with English abstract)