

项超, 周春宏, 徐智斌, 冯波, 王涛. 小麦穗下节性状与灌浆速率及产量相关因素的关系[J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28 (2): 352-357

Xiang C, Zhou CH, Xu ZB, Feng B, Wang T. Relationship of peduncle traits to grain-filling and yield-related factors in wheat [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2022, 28 (2): 352-357

小麦穗下节性状与灌浆速率及产量相关因素的关系

项超¹ 周春宏² 徐智斌² 冯波² 王涛²✉

¹四川省农业科学院作物研究所 成都 610066

²中国科学院成都生物研究所 成都 610041

摘 要 穗下节是连接旗叶和穗的部位。为明确穗下节性状与灌浆特性及产量相关因素的关系, 分析91份西南小麦材料的穗下节性状和千粒重之间的相关性, 进一步以筛选出来的3种穗下节长度、粗度的18份材料进行灌浆特性和产量相关因素差异分析。结果显示: 91份材料的穗下节长度变幅为22.05-52.75 cm, 粗度变幅为2.33-3.63 cm, 体积变幅为121.10-403.52 cm³, 变异类型丰富; 穗下节长度与粗度、穗下节长度、粗度、体积与千粒重均线性回归显著, 呈正相关关系。穗下节长度最长类型灌浆特性综合表现最好, 其中平均灌浆速率和最高灌浆速率分别为0.33、2.78 g/d; 穗下节粗度最粗与中等类型灌浆特性无明显差异, 均优于最细类型灌浆速率。从产量相关性状看, 穗下节长度最长类型平均单株粒重、千粒重分别为14.87、52.44 g, 均显著高于其余两种类型; 穗下节粗度中等类型综合表现优于其余两种类型。因此, 综合考虑灌浆特性、产量相关因素, 在西南地区选择穗下节最长、粗细中等的材料有助于选育灌浆特性、产量表现优异的小麦新品种; 上述结果可为西南地区小麦的株型改良与高产选育提供参考依据。(图1 表3 参36)

关键词 小麦; 穗下节; 千粒重; 灌浆速率; 产量

Relationship of peduncle traits to grain-filling and yield-related factors in wheat

XIANG Chao¹, ZHOU Chunhong², XU Zhibin², FENG Bo² & WANG Tao²✉

¹ Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China

² Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract The peduncle is the joining path between the leaf and spike. The relationship of peduncle traits to grain-filling and yield-related factors needs to be characterized. We observed the relationship between peduncle traits and the thousand-grain weight of 91 wheat varieties in Southwest China via correlation analysis. Eighteen wheat genotypes selected from 91 wheat varieties were divided into three types based on peduncle length and diameter. The characteristics of the grain-filling and yield-related factors of the three types were investigated. Variation was pronounced among 91 wheat varieties, with peduncle lengths ranging from 22.05 to 52.75 cm, diameter from 2.33 to 3.63 cm, and volume from 121.10 to 403.52 cm³. Peduncle length, diameter, and volume were significantly correlated with thousand-grain weight in a linear regression model. The grain-filling characteristics of the longest peduncle type were the best, of which the mean grain-filling rate and max grain-filling rate were 0.33 and 2.78 g/d, respectively. No significant difference was observed between the thickest peduncle and the intermedium peduncle type of grain-filling characteristics. However, both were better than the thinnest type. Concerning yield-related factors, the average grain weight per plant and thousand-grain weight of the longest peduncle length type was 14.87 g and 52.44 g, respectively, which were significantly higher than the other two types. The comprehensive performance of the middle diameter peduncle was better than those of the other two types. Therefore, based on filling characteristics and yield-related factors together, wheat materials with the longest and middle diameter peduncle should be selected to quickly and effectively obtain wheat varieties with excellent grain-filling characteristics and yield performance in Southwest China. These experiments provide useful information for improving plant type and yield potential in wheat breeding programs in Southwest China.

Keywords wheat; peduncle; thousand-grain weight; grain-filling rate; yield

收稿日期 Received: 2020-12-10 接受日期 Accepted: 2021-01-30

四川省重大科技专项 (2022ZDZX0014) 资助 Supported by the Science and Technology Program of Sichuan, China (2022ZDZX0014)

✉通信作者 Corresponding author (E-mail: wangtao@cib.ac.cn)

小麦茎秆是小麦植株结构的主要组成部分。成熟的茎秆包括表皮、机械组织、基本组织和维管束等几部分，分别具有输导、支撑、贮藏和光合作用的机能，对小麦抗倒伏性、穗部生长发育及最终籽粒收获起着至关重要的作用^[1]。研究表明，小麦的茎秆强度决定小麦植株的抗倒伏性，灌浆后如发生倒伏将导致减产40%^[2]。在开花后小麦植株各器官对籽粒的贡献程度为茎鞘>穗部>叶^[3]，三分之一以上的籽粒产量在籽粒形成阶段形成，该阶段穗部贡献较大，而约三分之二的籽粒产量在灌浆阶段增加，此阶段贡献较大的是茎^[4]。同时，灌浆是最终决定小麦产量的一个重要生育阶段，小麦籽粒灌浆过程呈“S”形变化趋势，灌浆速率主要由遗传控制，前人研究已定位控制灌浆速率的多个数量性状位点（quantitative trait locus, QTL）^[5-6]，而灌浆持续期则主要取决于环境因素^[7]。灌浆过程是籽粒的增长过程，因此研究小麦茎秆性状，如穗下节长、茎秆粗度与灌浆特性的关系，就可直接通过观测小麦茎秆性状来预测小麦灌浆特性好坏。

近年来，对于小麦茎秆的研究主要集中在茎秆性状与机械强度^[8]、抗倒伏性^[9-10]、穗粒重^[11-12]、产量^[13]等之间的关系，以及不同节间长度与株高间的关系等^[14-15]，而穗下节与灌浆特性关系研究较少，且西南弱光照地区小麦品种具有灌浆持续期长、茎秆性状多样性丰富、光合利用效率高等特点。为此，本研究分析91份小麦材料的穗下节性状指标，筛选不同穗下节类型小麦材料，进一步对不同穗下节长度、粗度类型的灌浆特性、产量相关性状的差异进行分析，旨在通过合理选择穗下节长度、粗度来快速有效获得灌浆特性、产量表现优异的小麦材料，为西南地区高产小麦品种及理想株型的田间选育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本实验室收集的茎秆长度与粗度多样性丰富的91份小麦材料在中国科学院成都生物研究所双流基地进行田间种植，每个材料种植2行，株距5 cm，行距25 cm。所有材料按常规栽培措施管理，水肥供应良好。

通过对91份材料茎秆性状相关数据进行统计分析后，筛选穗下节长度和粗度最大、最小及中等的小麦材料各3个共18份材料在中国科学院成都生物研究所双流基地进行田间种植，每个材料种植5行，株距5 cm，行距25 cm。所有材料按常规栽培措施管理，水肥供应良好。

1.2 方法

1.2.1 取样 对91份材料在开花期20 d挂牌标记，每个材料至少5穗（穗型大小基本一致），并于开花期20 d开始取样，以后每间隔5 d取一次样直至成熟，每个材料每次取1穗，放入水中保鲜，用于测量茎秆相关性状。记录18份材料开花期并挂牌标记，每个材料至少标记40个单穗（穗型大小基本一致），从整穗开花后10 d开始取样，以后每5 d取一次样直至成熟。每个材料每次取5穗，放入水中保鲜，用于测量茎秆相关性状

与灌浆参数。

1.2.2 茎秆相关性状的测定 利用卷尺、游标卡尺对每次取回来的样品，测量其穗下节长度、粗度（选择上、中、下3个位置测定并取其平均值），最终取各时期的平均值作为该小麦品种的穗下节长度、粗度。

1.2.3 灌浆速率的测定 将取回样品剥粒并称其鲜重，于105℃杀青10 min，60℃烘干至恒重，统计粒数和籽粒干重。以开花后天数为自变量，每次所得千粒重为因变量，用Logistic生长曲线方程 $Y = K/(1 + ae^{-bt})$ 对灌浆过程进行拟合， K 为最大千粒重， t 为开花后天数， a 和 b 为常数。对Logistic方程求一阶导数，得到灌浆速率方程 $V(t) = Kabe^{-bt}/(1 + ae^{-bt})^2$ 。由Logistic生长曲线方程和灌浆速率方程推导出一系列次级灌浆参数包括平均灌浆速率（GFRmean）、最高灌浆速率（GFRmax）、达到最大灌浆时间（Tmax）以及曲线两个时间拐点 t_1 、 t_2 。灌浆过程分为灌浆渐增期、快增期、缓增期3个阶段， t_1 之前为渐增期， t_1 - t_2 为快增期， t_2 - T 为缓增期， T 为灌浆持续天数^[16]。

1.2.4 单株产量和产量构成因素测定 成熟期每品种收取3株（不同种植行）进行室内常规考种。

1.2.5 数据处理 用EXCEL和ORIGIN软件进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 穗下节长度、粗度比较

由附表1（补充材料，见电子版）和表1可以看出，91个小麦材料穗下节长度变幅为22.05-52.75 cm，平均值为31.21 cm，变异系数为15.54%，其中长度最大的3个品种是11-21921（40.93 cm）、W2472（42.88 cm）、WJ45（52.75 cm），长度最小的3个品种是绵麦37（22.05 cm）、绵阳45（23.33 cm）、绵2001-21（24.30 cm），长度中等的3个品种是W1718（30.43 cm）、WJ15（30.45 cm）、9P-1522（30.53 cm）。穗下节粗度变幅为2.33-3.63 cm，平均值为2.94 cm，变异系数为8.83%，其中粗度最大的3个品种是内2889（3.40 cm）、WJ49（3.45 cm）、绵阳28（3.63 cm），粗度最小的3个品种是T181-88（2.33 cm）、R10460（2.44 cm）、9P115（2.48 cm），粗度中等的3个品种为08927（2.95 cm）、WJ113（2.95 cm）、64002（2.95 cm）。穗下节体积变幅为121.10-403.52 cm³，平均值为215.27 cm³，变异系数为26.30%，其中体积最大的3个品种是13WJ45（403.52 cm³）、11-21921（363.05 cm³）、13WJ99（344.89 cm³），体积最小的3个品种是绵麦37（121.10 cm³）、绵2001-21（121.14 cm³）、绵阳45（125.05 cm³），体积中等的3个品种为06J138-16（206.96 cm³）、64002（206.13 cm³）、W24335（205.62 cm³）。综上结果分析可知，91个小麦品种的穗下节长度、粗度、体积具有丰富的多样性，其中表现特异的品种可作为基本材料进一步开展小麦穗下节相关性状的研究。

表1 91个小麦材料穗下节长度、粗度、体积的变化情况
Table 1 Variation in peduncle length, diameter, and volume of the 91 wheat materials

指标 Index	最小值 Min value	最大值 Max value	平均值 Mean value	标准差 Standard deviation	变异系数 Coefficient of variation (CV/%)	偏度 Deflection	峰度 Peak
长度 Length	22.05 cm	52.75 cm	31.21 cm	4.85	15.54	1.29	3.37
粗度 Diameter	2.33 cm	3.63 cm	2.94 cm	0.26	8.83	-0.06	-0.35
体积 Volume	121.10 cm ³	403.52 cm ³	215.27 cm ³	56.62	26.30	0.84	0.76

2.2 穗下节长度、粗度、体积、千粒重间关系

对91个所选小麦材料穗下节粗度与穗下节长度进行线性回归分析, 相关系数 $r = 0.21048$, 回归显著, 穗下节粗度与穗下节长度线性回归关系如图1A所示, 小麦穗下节粗度与穗下节长度呈正相关, 随着穗下节粗度的增大穗下节长度也呈增加的趋势, 说明穗下节越粗, 其长度应该越长; 对穗下节长度与产量因素千粒重进行线性回归分析, 相关系数 $r = 0.29783$, 回归显著, 穗下节长度与千粒重线性回归关系如图1B所示, 小麦穗下节长度与千粒重呈正相关, 随着穗下节长度的增大千粒重也呈增加的趋势, 说明穗下节越长, 其千粒重应该越大; 对穗下节粗度与千粒重进行线性回归分析, 相关系数 $r = 0.31174$, 回归显著, 穗下节粗度与千粒重线性回归关系如图1C所示, 小麦穗下节粗度与千粒重呈正相关, 随着穗下节粗度的增大千粒重也呈增加的趋势, 说明穗下节越粗, 其千粒重应该越大; 对穗下节体积与产量因素千粒重进行线性回归分析, 相关系数 $r = 0.41411$, 回归显著, 穗下节体积与千粒重线性回归关系如图1D所示, 小麦穗下节粗度与千粒重呈正相关, 随着穗下节粗度的增大千粒重也呈增加的趋势, 说明穗下节体积越大, 其千粒重应该越大。

2.3 不同穗下节类型灌浆特性差异

2.3.1 不同穗下节长度类型灌浆特性差异 3种不同穗下节长度类型的9个小麦材料灌浆特性数据结果见表2。灌浆速率是评价小麦灌浆特性的重要指标, 也是影响千粒重和饱满度的一个重要因素^[17]。灌浆速率越大、达到最大灌浆时间越迟、快增期越长的小麦品种, 其灌浆特性就越好, 抗旱能力就越强^[17-18]。由表1可知, 穗下节长度最长及长度中等的小麦材料灌浆持续平均天数为38.33 d, 比穗下节长度最短的少5 d; 穗下节长度最长的小麦材料平均灌浆速率和最高灌浆速率分别为0.33、2.78 g/d, 均高于穗下节长度中等及最短的; 穗

下节长度最长的小麦材料快增期时间最长, 为13.78 d; 穗下节长度最长及中等的小麦材料达到最大灌浆速率时间均显著晚于穗下节节间长度最短的。由此可知, 穗下节长度最长类型的小麦材料灌浆特性最好, 穗下节长度中等类型次之, 穗下节最短类型表现最差。

2.3.2 不同穗下节粗度类型小麦品种的灌浆特性差异 3种不同穗下节粗度类型的9个小麦材料灌浆特性数据结果见表2。由表2可知, 穗下节粗度最粗与穗下节粗度中等的小麦材料灌浆持续平均天数为35 d, 比穗下节粗度最细的少8.33 d; 穗下节粗度最粗的小麦材料灌浆平均速率为0.85 g/d, 显著高于穗下节粗度最细的, 而穗下节粗度中等的灌浆平均速率介于两者之间, 且差异不显著; 穗下节粗度最粗的小麦材料达到最大灌浆速率时间为22.37 d, 显著晚于穗下节粗度最细的, 而穗下节粗度中等的达到最大灌浆速率时间介于两者之间, 且差异不显著; 最高灌浆速率最大的是穗下节粗度最粗的小麦材料, 快增期最长的也是穗下节粗度最粗的小麦材料。综合来看, 灌浆特性表现最好的为穗下节粗度最粗类型的小麦材料, 穗下节粗度中等类型略次之, 穗下节粗度最细类型表现最差。

2.4 不同穗下节类型产量相关因素

2.4.1 不同穗下节长度类型产量相关因素差异 3种不同穗下节长度类型的9个小麦材料产量相关因素数据结果见表3。由表3可知, 穗下节长度最大类型的穗数、单株生物量、单株粒重、千粒重表现最好, 其中平均单株粒重、千粒重分别为14.87、52.44 g, 均显著高于其余两种类型; 穗下节长度最短类型小穗数、穗粒数最多, 但与其余两种类型差异均不显著。综合起来看, 在产量相关因素表现最好的为穗下节长度最长类型的小麦材料。

2.4.2 不同穗下节粗度类型产量相关因素差异 3种不同

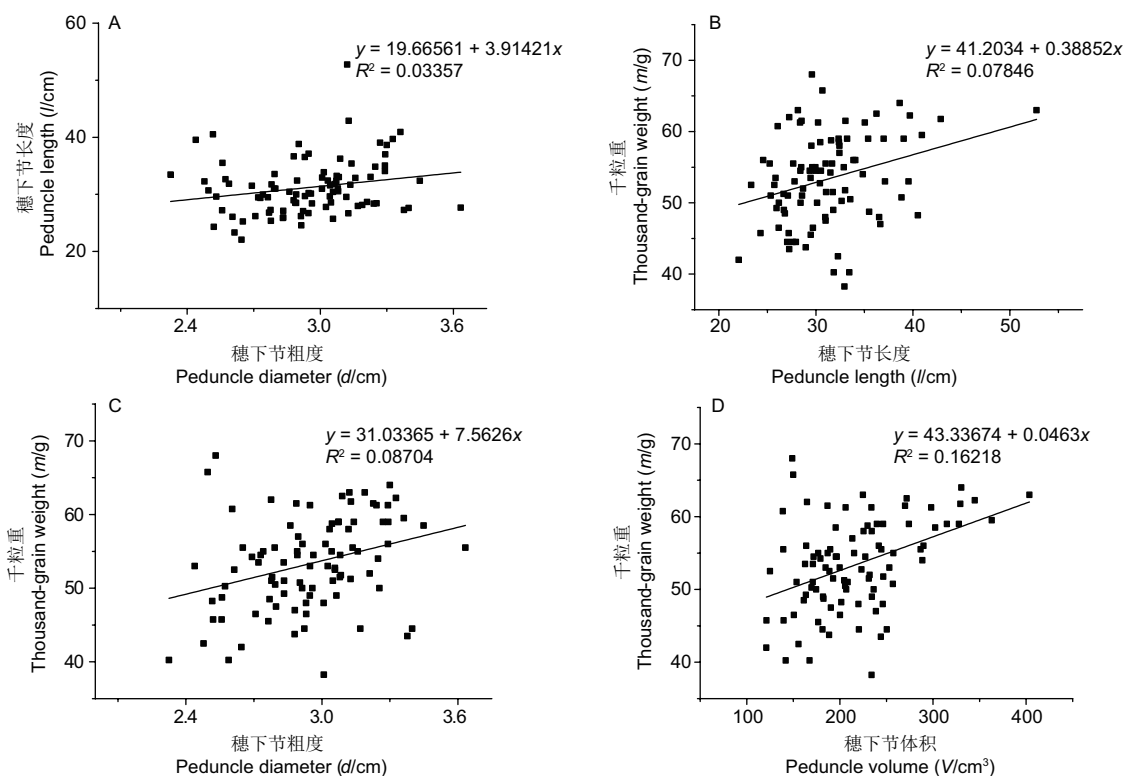


图1 91个小麦材料穗下节长度与粗度(A)、穗下节长度与千粒重(B)、穗下节粗度与千粒重(C)、穗下节体积与千粒重(D)间相关性。

Fig. 1 Relationship between peduncle length and diameter (A), peduncle length and thousand-grain weight (B), peduncle diameter and thousand-grain weight (C), peduncle volume and thousand-grain weight (D) of the 91 selected wheat materials.

表2 不同穗下节长度、粗度类型的灌浆特性

Table 2 Grain filling characters of different peduncle lengths and diameter types

指标 Index	品种或品系 Variety or line	灌浆持续天数 (T/d)	平均灌浆速率 (GFRmean/g d ⁻¹)	最高灌浆速率 (GFRmax/g d ⁻¹)	达到最大灌浆时间 (Tmax/d)	快增期 (t ₂ -t ₁)/d)
穗下节长度 Peduncle length	13WJ45	35	0.32	3.32	19.65	11.01
	13W2472	40	0.32	2.54	20.35	15.30
	11-21921	40	0.34	2.34	21.48	15.02
	平均 Average	38.33 ± 2.89	0.33 ± 0.01	2.73 ± 0.52	20.5 ± 0.92 a	13.78 ± 2.40
	绵2001-21 Mian 2001-21	40	0.03	1.87	16.32	11.35
	绵阳45 Mianyang 45	45	0.06	1.60	18.05	15.53
	绵麦37 Mianmai 34	45	0.01	2.28	17.18	11.27
	平均 Average	43.33 ± 2.89	0.04 ± 0.03	1.92 ± 0.34	17.18 ± 0.86 b	12.72 ± 2.43
	13WJ15	40	0.11	3.01	20.81	10.81
	W1718	40	0.10	2.28	21.28	11.06
	9P-1522	35	0.59	1.85	22.29	14.22
	平均 Average	38.33 ± 2.89	0.27 ± 0.28	2.38 ± 0.59	21.46 ± 0.76 a	12.03 ± 1.90
穗下节粗度 Peduncle diameter	绵阳28 Mianyang 28	35	0.50	2.73	21.32	12.08
	13WJ49	35	1.21	2.16	22.83	20.08
	内2889 Nei 2899	35	0.84	2.66	22.97	13.47
	平均 Average	35.00 ± 0.00 b	0.85 ± 0.35 a	2.52 ± 0.31	22.37 ± 0.91 a	15.21 ± 4.27
	9P115	45	0.04	1.94	16.98	14.04
	R10460	40	0.08	1.95	19.94	11.62
	T181-88	45	0.02	1.98	18.04	11.57
	平均 Average	43.33 ± 2.89 a	0.05 ± 0.03 b	1.96 ± 0.02	18.32 ± 1.5 b	12.41 ± 1.41
	64002	35	0.47	2.35	19.14	14.41
	13WJ113	35	0.44	2.42	21.09	12.28
	08927	35	0.61	1.52	21.98	16.75
	平均 Average	35.00 ± 0.00 b	0.51 ± 0.09 ab	2.1 ± 0.51	20.74 ± 1.45 ab	14.48 ± 2.24

不同小写字母表示在0.05水平下达到显著。
T: Days of grain-filling duration; GFRmean: Mean grain-filling rate; Tmax: Max grain-filling rate; t₂-t₁: Rapid increasing stage. Different lowercase letters indicate difference significant at the 0.05 level.

表3 不同穗下节长度、粗度类型的产量相关因素

Table 3 Yield-related characters of different peduncle lengths and diameter types

指标 Index	品种或品系 Variety or line	穗数 Spike number	小穗数 Spikelet number	单株生物量 Dry weight (m/g)	穗粒数 Grains per spike	单株粒重 Grain weight per plant (m/g)	千粒重 Thousand-grain weight (m/g)
穗下节长度 Peduncle length	13WJ45	8.00 ± 1.00	20.00 ± 1.00	41.87 ± 4.57	46.33 ± 1.53	17.00 ± 2.05	53.67 ± 3.75
	13W2472	9.00 ± 2.65	17.33 ± 0.58	38.7 ± 12.32	33.67 ± 8.08	12.13 ± 4.22	49.17 ± 6.71
	11-21921	6.67 ± 2.08	19.67 ± 0.58	37.67 ± 10.16	52.00 ± 5.00	15.47 ± 3.64	54.50 ± 2.29
	平均 Average	7.89 ± 1.17	19.00 ± 1.45	39.41 ± 2.19 a	44.00 ± 9.39 b	14.87 ± 2.49 a	52.44 ± 2.87 a
	绵2001-21 Mian 2001-21	7.67 ± 2.89	21.33 ± 1.15	33.57 ± 15.47	56.67 ± 9.71	10.97 ± 5.86	31.83 ± 4.37
	绵阳45 Mianyang 45	7.67 ± 5.51	22.00 ± 0.00	38.00 ± 21.92	56.00 ± 2.65	10.53 ± 0.80	47.83 ± 2.31
	绵麦37 Mianmai 34	5.33 ± 2.08	19.00 ± 0.00	26.90 ± 8.06	56.33 ± 2.08	10.13 ± 3.91	42.50 ± 1.32
	平均 Average	6.89 ± 1.35	20.78 ± 1.58	32.82 ± 5.59 ab	56.33 ± 0.33 a	10.54 ± 0.42 b	40.72 ± 8.15 b
	13WJ15	5.33 ± 1.53	17.33 ± 0.58	25.33 ± 4.10	47.67 ± 5.86	9.67 ± 1.23	43.33 ± 2.84
	W1718	6.00 ± 1.00	19.67 ± 1.15	25.63 ± 4.24	50.33 ± 7.09	8.90 ± 3.34	40.67 ± 3.69
	9P-1522	6.67 ± 2.08	18.00 ± 2.00	34.23 ± 12.72	53.67 ± 8.08	10.07 ± 4.18	41.5 ± 3.12
	平均 Average	6.00 ± 0.67	18.33 ± 1.20	28.40 ± 5.05 b	50.56 ± 3.01 ab	9.54 ± 0.59 b	41.83 ± 1.36 b
穗下节粗度 Peduncle diameter	绵阳28 Mianyang 28	4.67 ± 1.15	20.33 ± 2.08	25.43 ± 2.91	52.33 ± 6.81	10.97 ± 0.90	53.67 ± 2.02
	13WJ49	5.00 ± 1.00	22.67 ± 1.53	34.80 ± 8.57	58.00 ± 10.15	14.53 ± 2.55	52.67 ± 2.02
	内2889 Nei 2899	4.67 ± 2.89	19.00 ± 1.00	24.83 ± 18.53	51.33 ± 1.53	10.67 ± 5.99	49.83 ± 1.76
	平均 Average	4.78 ± 0.19 b	20.67 ± 1.86 ab	28.36 ± 5.59 b	53.89 ± 3.60	12.06 ± 2.15	52.06 ± 1.99
	9P115	10.33 ± 2.89	18.67 ± 0.58	45.13 ± 10.42	43.00 ± 1.73	12.87 ± 3.99	45.50 ± 1.00
	R10460	7.00 ± 2.65	20.00 ± 1.00	37.57 ± 11.45	65.67 ± 3.51	15.97 ± 2.67	41.17 ± 1.53
	T181-88	9.33 ± 4.16	19.33 ± 0.58	34.93 ± 15.22	49.00 ± 3.46	8.60 ± 0.72	32.83 ± 1.76
	平均 Average	8.89 ± 1.71 a	19.33 ± 0.67 b	39.21 ± 5.30 ab	52.56 ± 11.74	12.48 ± 3.70	39.83 ± 6.44
	64002	7.33 ± 2.52	22.00 ± 1.73	53.20 ± 17.23	61.00 ± 4.58	17.20 ± 7.32	53.00 ± 2.18
	13WJ113	8.33 ± 2.52	21.33 ± 0.58	38.33 ± 12.38	50.00 ± 1.00	14.33 ± 5.81	43.50 ± 2.50
	08927	7.00 ± 1.73	24.00 ± 1.00	36.67 ± 7.59	76.00 ± 7.55	12.67 ± 2.92	34.83 ± 0.76
	平均 Average	7.56 ± 0.69 a	22.44 ± 1.39 a	42.73 ± 9.1 a	62.33 ± 13.05	14.73 ± 2.29	43.78 ± 9.09

不同小写字母表示在0.05水平下达到显著。
Different small letters mean difference significant at the 0.05 level.

穗下节粗度类型的9个小麦材料产量相关因素数据结果见表3。由表3可知，穗数最多的是穗下节粗度最细类型的小麦品种，而穗下节粗度中等类型的小麦品种略次之；小穗数、单株生物量、穗粒数、单株粒重最大的是穗下节粗度中等类型，千粒重最大的是穗下节粗度最大类型。综上可看出在产量相关因素表现最好的为穗下节粗度中等的小麦品种。

3 讨论

穗下节与灌浆特性、产量相关因素密切相关, 主要由于其为距穗部较近的光合器官^[19], 是贮藏性碳水化合物果聚糖的主要贮存处^[20], 同时对维持恒定的籽粒灌浆速率起重要作用^[21]. 本研究表明, 穗下节最长类型的小麦材料灌浆平均速率虽高于其他2种类型, 但三者间差异均不显著; 而穗下节最粗类型的小麦材料灌浆平均速率显著高于最细类型, 表明不同类型的灌浆速率主要与穗下节粗度有关. 灌浆速率主要与穗下节粗度有关, 可能是由于蒸腾动力对于任何小麦高度来讲都是足够的, 因此小麦穗下节粗度或茎秆粗度越大, 其运输的同化物或营养物质就越多越快.

穗下节长度较长的小麦品种, 其单株生物量、单株粒重、千粒重均相对较大, 说明较大的穗下节长有利于光能利用和同化物向穗部转运^[22-23], 且研究表明穗下节长度与产量相关性呈显著正相关^[24-26]. 在本研究中, 穗下节长度与千粒重呈正相关, 达显著水平, 与前人研究结果^[27-28]一致. 穗下节粗度与千粒重也呈正相关, 达显著水平, 且相关系数大于穗下节长与千粒重的相关系数, 与前人研究结果^[29]一致. 小麦产量由穗数、穗粒数和粒重三要素构成, 从小穗数、单株生物量、穗粒数、单株粒重来看, 穗下节粗度中等的小麦品种反而表现最好. 陈玉花等对小麦茎秆各性状与单穗重的相关与通径分析后发现, 茎粗对单穗重产生微弱的负效应^[12], 因此本研究表明虽然穗下节粗度越大其灌浆特性越好、千粒重越大, 但可能其粗度增加到一定程度会导致其穗数、小穗数、单株生物量、穗

粒数、单株粒重的降低.

本研究筛选到的不同穗下节长度、粗度类型的小麦品种可进一步用于构建遗传群体, 以期定位控制小麦穗下节长度、粗度的相关基因. 目前, 国内外已经对穗部、茎秆相关性状分别开展了许多的QTL定位研究, 检测到了多个QTL位点. Yu等利用重组自交系群体定位了穗下节长10个QTL位点^[30]; Hai等利用DH群体对抗倒伏的相关茎秆性状进行了QTL定位, 共找到茎秆硬度、茎壁厚、茎内直径和茎直径的6个QTL位点^[31]; 刘书含等利用F₂代群体对穗长性状进行QTL分析, 共检测到7个QTL位点, 其中主效QTL位于染色体3A上^[32]; 王佳佳等利用两个重组自交系群体对穗部性状进行QTL分析, 共检测到5个控制穗部性状的QTL^[33]; Chen等通过全基因组关联分析197个黄淮地区冬小麦材料高低密度栽培对14个农艺性状的影响, 检测到2个与穗下节长度差异关联的QTL^[34]. 前人研究表明, 穗下节长度的遗传力高, 后代变异受环境小, 可早代进行优势选择^[24, 35-36]. 由于穗下节长度、粗度在田间便于直接观测, 因此可通过穗下节长度、粗度对千粒重、灌浆特性进行初步选择.

4 结论

本研究发现, 在西南地区小麦材料穗下节长度、粗度、体积与千粒重呈正相关, 且穗下节长度最长、粗度中等类型小麦材料的灌浆特性、产量相关因素表现最好, 因此建议在西南地区小麦高产品种田间选育工作中选择穗下节最长、粗细中等的小麦类型, 有助于获得灌浆特性、产量表现优异的新品种.

参考文献 [References]

- 姜子英, 华振基. 小麦基础知识(三)——小麦的茎[J]. 宁夏农业科技, 1984 (2): 48-50+29 [Jiang ZY, Hua ZJ. Basic knowledge of wheat (Third)-wheat stem [J]. *Ningxia J Agric For Sci Technol*, 1984 (2): 48-50+29]
- Hay RKM, Walker AJ. An Introduction to the Physiology of Crop Yield [M]. Nihon Ishigaku Zasshi: Longman Scientific & Technical, 1989
- Brooking IR, Kirby EJM. Interrelationships between stem and ear development in winter wheat: the effects of a Norin 10 dwarfing gene, *Gai/Rht2* [J]. *J Agric Sci*, 1981, **97** (2): 373-381
- 罗春梅. 小麦开花后穗、茎、叶同化物输入籽粒的动态和对产量的影响[J]. 安徽农学院学报, 1982 (2): 104-108 [Luo CM. The dynamics of assimilate from spike, stem and leaf to seeds and their influences to yield in wheat [J]. *J Anhui Agric Coll*, 1982 (2): 104-108]
- Wang RX, Hai L, Zhang XY, You GX, Yan CS, Xiao SH. QTL mapping for grain filling rate and yield-related traits in RILs of the Chinese winter wheat population Heshangmai × Yu8679 [J]. *Theor Appl Genet*, 2009, **118** (2): 313-325
- 王文文, 兰进好, 田纪春. 小麦籽粒灌浆速率及粒重QTL初步研究[J]. 中国农学通报, 2012, **28** (36): 63-70 [Wang WW, Lan JH, Tian JC. The preliminary study on QTL of grain filling rate and grain weight in wheat [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2012, **28** (36): 63-70]
- 李世清, 邵明安, 李紫燕, 伍维模, 张兴昌. 小麦籽粒灌浆特征及影响因素的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003, **23** (11): 2030-2038 [Li SQ, Shao MA, Li ZY, Wu WM, Zhang XC. Review of characteristics of wheat grain fill and factors to influence it [J]. *Acta Bot Bor-Occid Sin*, 2003, **23** (11): 2030-2038]
- 余泽高, 李志新, 严波. 小麦茎秆机械强度与若干性状的相关性研究[J]. 湖北农业科学, 2003 (4): 11-14 [Yu ZG, Li ZX, Yan B. Multiple correlation analysis on physical strength and properties of wheat stalk [J]. *Hubei Agric Sci*, 2003, (4): 11-14]
- 王勇, 李斯深, 李安飞, 李宪彬, 王洪刚, 李晴祺. 小麦种质抗倒性的评价和抗倒性状的相关与通径分析[J]. 西北植物学报, 2000, **20** (1): 79-85 [Wang Y, Li SS, Li AF, Li AF, Li XB, Wang HG, Li QQ. Evaluation of lodging resistance and relation and path analysis of lodging resistance traits in wheat [J]. *Acta Bot Bor-Occid Sin*, 2000, **20** (1): 79-85]
- 胡昊, 李莎莎, 华慧, 孙蒙蒙, 康娟, 夏国军, 王晨阳. 不同小麦品种主茎茎秆形态结构特征及其与倒伏的关系[J]. 麦类作物学报, 2017, **37** (10): 1343-1348 [Hu H, Li SS, Hua H, Sun MM, Kang J, Xia GJ, Wang CY. Research on stalk morphological structure characteristics and its relationship between with the lodging of different wheat varieties [J]. *J Triticeae Crops*, 2017, **37** (10): 1343-1348]
- 郭天财, 贺德先, 王志和, 王保民, 皮素琴, 上官建宗. 小麦植株性状与穗粒重关系的研究进展[J]. 麦类文摘. 种业导报, 1995 (3): 1-4 [Guo TC, He DX, Wang ZH, Wang BM, Pi SQ, Shangguan JZ. Review of relationship between spike weight and plant characteristics in wheat [J]. *J Seed Ind Guide*, 1995 (3): 1-4]
- 陈玉花, 张清山, 陆博, 陈荣江, 张万琴. 小麦茎秆性状与单穗重的相关分析与通径分析[J]. 数学的实践与认识, 2012 (11): 147-152 [Chen

- YH, Zhang QS, Lu B, Chen RJ, Zhang WQ. Correlation and path analysis of wheat stem and single panicle weight [J]. *Math Pract Theory*, 2012 (11): 147-152]
- 13 朱新开, 王祥菊, 郭凯泉, 郭文善, 封超年, 彭永欣. 小麦倒伏的茎秆特征及对产量与品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2006 **26** (1): 87-92 [Zhu XK, Wang XJ, Guo KQ, Guo WS, Feng CN, Peng YX. Stem characteristics of wheat with stem lodging and effects of lodging on grain yield and quality [J]. *J Triticeae Crops*, 2006, **26** (1): 87-92]
- 14 崔淑佳, 潘晓萍, 高居荣, 王洪刚, 李兴锋. 不同小麦品种(系)株高及节间长度研究[J]. 山东农业科学, 2014 (10): 19-22 [Cui SJ, Pan XP, Gao JR, Wang HG, Li XF. Analysis of plant height and internode length of different wheat varieties (lines) [J]. *Shandong Agric Sci*, 2014 (10): 19-22]
- 15 陆博, 张万芹, 张清山, 茹振钢, 冯素伟, 王云霞, 杨小刚, 吴增宝. 小麦植株节间长度分析[J]. 数学的实践与认识, 2012 (23): 107-116 [Lu B, Zhang WQ, Zhang QS, Ru ZG, Feng SW, Wang YX, Yang XG, Wu ZB. Wheat plant internode length analysis [J]. *Math Practice Theory*, 2012 (23): 107-116]
- 16 韩占江, 郇庆炉, 吴玉娥, 薛香, 姜季霞. 小麦籽粒灌浆参数变异及与粒重的相关性分析[J]. 种子, 2008 (6): 27-30 [Han Z, Gao QL, Wu Y E, Xue X, Lou JX. Variation of parameters of grain filling and correlation analysis with grain weight in wheat [J]. *Seed*, 2008 (6): 27-30]
- 17 单保山. 小麦不同品种灌浆特性的比较[J]. 山东农业科学, 1987 (2): 10-13 [Shan BS. Comparison of grain filling characteristics of different varieties in wheat [J]. *Shandong Agric Sci*, 1987 (2): 10-13]
- 18 时晓伟, 王淑芬, 王继忠, 王辉, 贾永国. 小麦早熟高产品种子粒灌浆特性分析[J]. 华北农学报, 2005, **20** (6): 4-7 [Shi XW, Wang SF, Wang JZ, Wang H, Jia YG. Analysis on grain grouting characters in early maturing and high yield wheat cultivars [J]. *Acta Agric Bor-Sin*, 2005, **20** (6): 4-7]
- 19 Grafius JE. Multiple Characters and correlated response1 [J]. *Crop Sci*, 1978, **18** (6): 931-934
- 20 赵微平. 小麦生理学和分子生物学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993 [Zhao WP. Physiology and Molecular Biology of Wheat [M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1993]
- 21 Bancal P, Gaudillière JP. Rate of accumulation of fructan oligomers in wheat seedlings (*Triticum aestivum* L.) during the early stages of chilling treatment [J]. *New Phytol*, 1989, **112** (4): 459-463
- 22 魏燮中, 吴兆苏. 小麦植株高度的结构分析[J]. 南京农业大学学报, 1983, **6** (1): 14-21 [Wei XZ, Wu ZS. Architectural analysis of plant height of common wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *J Nanjing Agric Coll*, 1983, **6** (1): 14-21]
- 23 吴兆苏, 魏燮中. 长江下游地区小麦品种更替中产量及有关性状的演变与发展方向[J]. 中国农业科学, 1984 (3): 14-22 [Wu ZS, Wei XZ. Evolutionary changes in yield and related characters of wheat cultivars grown in the lower Yangtse region and future prospects [J]. *Sci Agric Sin*, 1984 (3): 14-22]
- 24 姚金保, 姚国才, 王书文, 杨学明. 小麦穗颈长的遗传和育种价值[J]. 南京农专学报, 2003 (3): 9-12 [Yao JB, Yao GC, Wang SW, Yang XM. Inheritance of neck length of spike and its breeding value in wheat [J]. *J Nanjing Agric Tec Coll*, 2003 (3): 9-12]
- 25 吴同彦, 谢令琴, 杨学举, 张彩英, 陈荣芬. 小麦株高构成因素与产量及其他性状相关性的研究[J]. 河北农业大学学报, 2002 (3): 10-12+18 [Wu TY, Xie LQ, Yang XJ, Zhang CY, Chen RF. Study on the correlations between the components of the plant height and the yield and other traits of wheat [J]. *J Agric Univ Hebei*, 2002 (3): 10-12+18]
- 26 欧俊梅, 王治斌, 李生荣, 任勇, 周强, 陶军. 矮秆糯小麦株高及各节间长度与产量性状遗传研究[J]. 华北农学报, 2014 (S1): 213-217 [Ou JM, Wang ZB, Li SR, Ren Y, Zhou Q, Tao J. Genetic studies on plant height, every internode length and yield characters in dwarf waxy wheat [J]. *Acta Agric Bor-Sin*, 2014 (S1): 213-217]
- 27 贾继增. 小麦粒重与植株性状相关因素的统计分析[J]. 作物学报, 1984, **10** (3): 201-205 [Jia JZ. The statistical analysis for correlation factors in kernel weight and plant characters in wheat (*T. aestivum* L.) [J]. *Acta Agric Sin*, 1984, **10** (3): 201-205]
- 28 任明全. 小麦品种的产量潜力及其遗传改良 I. 小麦品种的高产潜力及其遗传变异的利用[J]. 麦类作物学报, 1993 (2): 41-46 [Ren MQ. Yield potential and genetic modification in wheat I. Utilization of high production potential and genetic variation in wheat varieties [J]. *J Triticeae Crops*, 1993 (2): 41-46]
- 29 余泽高, 冯朝章, 赵咸华, 谢曲. 小麦功能叶、茎秆性状与穗部性状的相关研究 [J]. 湖北农业科学, 1993 (1): 8-10 [Yu ZG, Feng CZ, Zhao XH, Xie Q. Correlation study among functional leaf, stem and spike characters [J]. *Hubei Agric Sci*, 1993 (1): 8-10]
- 30 Yu M, Mao SL, Chen GY, Pu ZE, Wei YM, Zheng YL. QTLs for uppermost internode and spike length in two wheat RIL populations and their affect upon plant height at an individual QTL level [J]. *Euphytica*, 2014, **200** (1): 95-108
- 31 Hai L, Guo H, Xiao S, Jiang G, Zhang X, Yan C, Xin Z, Jia J. Quantitative trait loci (QTL) of stem strength and related traits in a doubled-haploid population of wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *Euphytica*, 2005, **141** (1): 1-9
- 32 刘书含, 侯立江, 华冠勋, 宋瑜龙, 牛娜, 马守才, 宋亚珍, 王军卫, 张改生. 大穗材料高麦1号/密小穗F₂群体穗长性状的QTL初步定位[J]. 麦类作物学报, 2016, **36** (4): 409-414 [Liu SH, Hou LJ, Hua GX, Song YL, Niu N, Ma SC, Song YZ, Wang WJ, Zhang GS. Quantitative trait loci mapping of spike length using F₂ population of Gaomai 1/Mixiaosui in wheat (*Triticum aestivum* L.) [J]. *J Triticeae Crops*, 2016, **36** (4): 409-414]
- 33 王佳佳, 王盈盈, 张照贵, 李冰, 张桂芝, 李斯深. 小麦穗部性状和株高的QTL定位[J]. 分子植物育种, 2015, **13** (1): 77-84 [Wang JJ, Wang YY, Zhang ZG, Li B, Zhang GZ, Li SS. Mapping QTLs for the traits related to spike and plant height in wheat [J]. *Mol Plant Breed*, 2015, **13** (1): 77-84]
- 34 Chen SL, Cheng XY, Yu K, Chang XN, Bi HH, Xu HX, Wang JS, Pei XX, Zhang ZL, Zhan KH. Genome-wide association study of differences in 14 agronomic traits under low- and high-density planting models based on the 660k SNP array for common wheat [J]. *Plant Breed*, 2020, **139** (2): 272-283
- 35 姚金保, 任丽娟, 张平平, 杨学明, 马鸿翔, 姚国才, 张鹏, 周淼平. 小麦株高及节间长度的杂种优势和遗传分析[J]. 江苏农业学报, 2011 (4): 717-722 [Yao JB, Ren LJ, Zhang PP, Yang XM, Ma HX, Yao GC, Zhang P, Zhou MP. Heterosis and genetic effect of plant height and internode length in wheat [J]. *Jiangsu J Agric Sci*, 2011 (4): 717-722]
- 36 张铁山, 韩金梅, 韩杰. 春小麦穗颈遗传特性及其育种价值[J]. 内蒙古农业科技, 2000 (2): 18-19 [Zhang TS, Han JM, Han J. Hereditary character and breeding value of first internode in spring wheat [J]. *Inner Mongolia Agric Sci Technol*, 2000 (2): 18-19]

补充材料 Supplementary materials

附表1 91份小麦材料穗下节长度、粗度、体积及千粒重

Table S1 Peduncle length, diameter, volume, and thousand-grain weight of the 91 wheat materials

编号 Number	品种或品系 Variety or line	穗下节长度 Peduncle length (l/cm)	穗下节粗度 Peduncle diameter (d/cm)	穗下节体积 Peduncle volume (V/cm ³)	千粒重 Thousand-grain weight (m/g)
1	13WJ45	52.75 ± 2.68	3.12 ± 0.07	403.52	63.00
2	13W2472	42.88 ± 2.18	3.13 ± 0.37	329.38	61.75
3	11-21921	40.93 ± 2.13	3.36 ± 0.33	363.05	59.50
4	R10460-1	40.53 ± 3.02	2.52 ± 0.23	201.49	48.25
5	13WJ99	39.70 ± 1.81	3.33 ± 0.14	344.89	62.25
6	R10460	39.55 ± 1.67	2.44 ± 0.23	184.71	53.00
7	08J71	39.05 ± 1.81	3.27 ± 0.42	327.78	59.00
8	G10-6	38.83 ± 1.42	2.90 ± 0.27	256.91	50.75
9	13W2760	38.65 ± 1.20	3.30 ± 0.11	330.41	64.00
10	13WJ113	37.13 ± 1.51	2.95 ± 0.18	253.19	53.00
11	13W2765	37.00 ± 7.30	3.29 ± 0.09	315.02	59.00
12	11-24351	36.65 ± 2.50	2.88 ± 0.36	238.77	47.00
13	11-24343	36.53 ± 1.57	2.93 ± 0.17	246.15	48.00
14	07云721-7 07Yun721-7	36.25 ± 2.97	3.09 ± 0.12	271.70	62.50
15	08J85-1	35.50 ± 2.36	2.56 ± 0.23	182.51	48.75
16	11J207R	35.40 ± 2.69	3.14 ± 0.28	274.13	59.00
17	13WJ18	35.05 ± 2.03	3.29 ± 0.34	298.12	61.25
18	11J249-2	34.85 ± 1.66	3.25 ± 0.26	288.66	54.00
19	11-22708	34.08 ± 1.29	3.29 ± 0.23	289.83	56.00
20	T181-88	33.88 ± 2.02	3.02 ± 0.31	241.86	56.00
21	W24335	33.55 ± 3.37	2.79 ± 0.25	205.62	50.50
22	内4066 Nei 4066	33.45 ± 2.24	2.33 ± 0.07	141.94	40.25
23	川麦42-1 Chuanmai 42-1	33.23 ± 0.91	3.07 ± 0.26	246.48	59.00
24	13WJ3	33.05 ± 1.79	3.23 ± 0.15	270.12	61.50
25	13WJ12	33.03 ± 1.16	3.08 ± 0.13	246.60	51.75
26	小偃6号 Xiaoyan No.6	32.95 ± 3.11	3.01 ± 0.19	234.09	38.25
27	昌麦26 Changmai 26	32.88 ± 1.60	3.16 ± 0.14	257.43	55.00
28	D002	32.65 ± 1.09	2.57 ± 0.13	169.61	50.25
29	间3 Jian 3	32.43 ± 2.79	3.03 ± 0.29	234.33	58.00
30	13WJ19	32.43 ± 1.20	2.90 ± 0.20	213.45	57.00
31	13WJ49	32.38 ± 1.96	3.45 ± 0.18	302.35	58.50
32	WJ36	32.35 ± 1.80	3.07 ± 0.27	239.73	59.00
33	9P115	32.28 ± 0.78	2.48 ± 0.05	155.62	42.50
34	7268硬粒 Durum 7268	31.85 ± 1.01	2.59 ± 0.15	167.50	40.25
35	W18	31.8 ± 3.55	3.06 ± 0.17	234.38	49.00
36	W6459	31.75 ± 0.86	2.78 ± 0.09	192.74	51.50
37	13WJ53	31.68 ± 1.16	3.14 ± 0.73	244.51	55.50
38	绵26 Mian 26	31.58 ± 0.64	3.05 ± 0.18	229.82	58.75
39	重组104 CHongzu 104	31.5 ± 1.81	2.69 ± 0.10	179.15	54.25
40	1637-5	31.05 ± 0.87	3.08 ± 0.08	231.10	51.50
41	川麦107 Chuanmai 107	31.00 ± 2.55	2.80 ± 0.31	190.45	47.50
42	川麦42 Chuuanmai42	31.00 ± 0.86	2.79 ± 0.13	189.65	55.50
43	07云600-3 07Yun600-3	30.98 ± 3.49	3.01 ± 0.30	219.93	48.00
44	13W2087	30.68 ± 1.19	2.50 ± 0.04	150.00	65.75
45	9P-1522	30.53 ± 1.01	3.08 ± 0.18	227.44	54.50
46	13WJ15	30.45 ± 1.13	2.86 ± 0.21	195.63	58.50
47	W1718	30.43 ± 1.69	3.06 ± 0.51	223.27	52.75
48	64002	30.23 ± 1.77	2.95 ± 0.20	206.13	61.25
49	06J138-16	30.13 ± 1.89	2.96 ± 0.20	206.96	50.00
50	W106	29.98 ± 1.60	2.89 ± 0.17	196.75	54.50
51	R278	29.95 ± 3.82	2.74 ± 0.52	176.72	55.00
52	川间418 Chuanjian 418	29.70 ± 3.00	2.93 ± 0.24	200.27	46.50
53	04020	29.63 ± 4.38	3.04 ± 0.43	215.39	55.00
54	川育24 Chuanyu 24	29.60 ± 0.67	2.53 ± 0.20	148.93	68.00
55	13W2708	29.55 ± 1.76	3.12 ± 0.26	225.44	58.00
56	绵2001-12 Mian 2001-12	29.48 ± 0.79	2.76 ± 0.20	176.79	45.50
57	川育23 Chuanyu 23	29.45 ± 1.76	2.72 ± 0.10	171.04	53.50
58	13W2032	29.38 ± 0.85	2.73 ± 0.28	171.86	54.50
59	07J115	28.95 ± 2.76	2.88 ± 0.18	188.50	43.75
60	川麦28 Chuanmai 28	28.68 ± 2.86	3.21 ± 0.44	232.06	52.00

附表1 Table S1 (continued)

编号 Number	品种或品系 Variety or line	穗下节长度 Peduncle length (l/cm)	穗下节粗度 Peduncle diameter (d/cm)	穗下节体积 Peduncle volume (V/cm ³)	千粒重 Thousand-grain weight (m/g)
61	W26359	28.58 ± 1.30	3.05 ± 0.06	208.44	51.00
62	W138	28.53 ± 2.52	2.89 ± 0.22	186.70	61.50
63	13W2344	28.50 ± 0.85	2.89 ± 0.32	186.97	55.00
64	XK055-3	28.43 ± 1.67	3.25 ± 0.24	236.29	50.00
65	03068	28.40 ± 2.05	2.96 ± 0.09	195.66	54.50
66	13WJ48	28.38 ± 1.10	3.24 ± 0.16	233.95	61.25
67	B1466	28.15 ± 5.49	3.19 ± 0.27	224.75	63.00
68	内4083 Nei 4083	27.95 ± 0.66	3.17 ± 0.34	220.48	44.50
69	5白 5 Bai	27.8 0± 1.47	3.03 ± 0.19	199.80	53.00
70	绵阳28 Mianyang 28	27.68 ± 0.81	3.63 ± 0.11	286.79	55.50
71	内2889 Nei 2889	27.63 ± 1.98	3.40 ± 0.39	250.44	44.50
72	川01-3570 Chuan 01-3570	27.25 ± 2.28	3.38 ± 0.32	244.02	43.50
73	云脉1号 Yunmai No.1	27.25 ± 0.65	2.78 ± 0.14	164.82	62.00
74	CD1437	27.2 0± 1.41	2.56 ± 0.21	139.66	45.75
75	W47	27.13 ± 1.28	2.83 ± 0.35	170.94	49.25
76	03-2917	27.05 ± 2.18	2.92 ± 0.26	181.36	44.50
77	T3-8	26.80 ± 1.01	2.77 ± 0.24	161.33	48.50
78	08927	26.70 ± 0.74	2.95 ± 0.10	181.99	49.00
79	07区-2-10 07Qu-2-10	26.68 ± 1.67	3.13 ± 0.32	204.71	51.25
80	11J230	26.19 ± 1.31	2.91 ± 0.31	174.51	50.00
81	13W2703	26.18 ± 1.67	2.71 ± 0.26	150.62	46.50
82	郑州9023 Zhengzhou 9023	26.08 ± 1.70	2.60 ± 0.24	138.81	60.75
83	川品052观8 Chuanpin 052 Guan 8	25.95 ± 1.23	2.83 ± 0.24	163.53	51.00
84	07区-1-9 07Qu-1-9	25.85 ± 4.08	2.83 ± 0.21	162.71	53.50
85	2003-04	25.73 ± 1.72	3.06 ± 0.47	188.78	52.50
86	13W2170	25.35 ± 1.78	2.78 ± 0.13	153.52	51.00
87	13W2029	25.25 ± 1.77	2.65 ± 0.35	139.28	55.50
88	SH816	24.58 ± 0.62	2.91 ± 0.13	163.83	56.00
89	绵2001-21 Mian 2001-21	24.30 ± 1.85	2.52 ± 0.28	121.14	45.75
90	绵阳45 Mianyang 45	23.33 ± 0.95	2.61 ± 0.22	125.05	52.50
91	绵麦37 Mianmai 37	22.05 ± 0.83	2.65 ± 0.13	121.10	42.00