

周小忍,张宇,孟维伟,等.中、强筋小麦主茎和分蘖对产量与品质贡献差异研究[J].江苏农业科学,2024,52(9):87-94.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.09.012

# 中、强筋小麦主茎和分蘖对产量与品质贡献差异研究

周小忍<sup>1,2</sup>,张宇<sup>2</sup>,孟维伟<sup>3</sup>,陈欢<sup>4</sup>,乔玉强<sup>4</sup>,蔚大青<sup>5</sup>,葛均筑<sup>1</sup>,邓艾兴<sup>2</sup>,郑成岩<sup>1,2</sup>

(1.天津农学院农学与资源环境学院,天津 300392; 2.中国农业科学院作物科学研究所/农业农村部作物生理生态重点实验室,北京 100081;

3.山东省农业科学院作物研究所,山东济南 250100; 4.安徽省农业科学院作物研究所,安徽合肥 230001;

5.山东省东平县农业技术推广服务中心,山东东平 271506)

**摘要:**为明确当前黄淮海冬麦区中筋和强筋小麦主茎和分蘖对籽粒产量与品质贡献的差异,选取黄淮海麦区的山东东平、安徽蒙城和太和、河南安阳、河北藁城 5 个国家小麦良种联合攻关试验点,以当地主推中筋和强筋小麦品种为试验材料,研究中、强筋小麦的主茎和分蘖干物质积累与分配、产量、品质性状等相关指标。结果表明,中、强筋小麦分蘖的平均干物质积累量对成熟期干物质积累总量的贡献率高于主茎,并且中筋小麦品种优势明显,中筋小麦分蘖平均产量比主茎平均产量高 13.27%,而强筋小麦分蘖平均产量比主茎平均产量低 6.79%,说明中筋小麦分蘖对籽粒产量的贡献更大。中筋小麦主茎平均蛋白质含量、蛋白质产量、湿面筋含量、吸水率和面团形成时间均低于分蘖,而强筋小麦主茎上述指标均高于分蘖,进一步分析发现中筋小麦品种主茎和分蘖的蛋白质含量、蛋白质产量和容重变异系数低于强筋小麦,而湿面筋含量、吸水速率和面团形成时间变异系数高于强筋小麦。由此表明,中筋小麦可以通过促进分蘖的发生和成穗,强筋小麦通过提高主茎的成穗优势,实现小麦产量和品质协同提升。

**关键词:**小麦;主茎;分蘖;产量;品质

**中图分类号:**S512.104 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)09-0087-07

全球有 25 亿人口消费小麦,尤其是在发展中国家,小麦是 30% 人口的主食<sup>[1]</sup>,小麦的高产优质影响着国家粮食安全。我国人口数量超过 14 亿,随着人口增长和居民消费结构升级,人均粮食消费量大幅提高,对优质小麦的需求也在增加。黄淮海冬麦区是我国小麦主产区,该区域小麦产量约占全国小麦总产的 85%<sup>[2]</sup>,因此,实现该区域小麦产量与品质进一步协同提升,对保证我国粮食安全、促进小麦生产的高发展具有重要意义。

随着人们生活品质的提高,对高质量、多品种的面制食品需求日益增大;中、强筋小麦具有籽粒硬度高、蛋白质和湿面筋含量高、加工配合度好等特性,因此优质的中、强筋小麦供不应求。推广种植优质中、强筋小麦,提高小麦产量与品质稳定性,

对解决优质小麦面粉供需问题有重要作用。中、强筋小麦的产量和品质除了与品种特性有关外,田间栽培管理包括播期、密度、施肥和灌溉等生产技术也显著影响小麦产量和品质<sup>[3-8]</sup>。研究表明,强筋小麦和中筋小麦对氮素的响应不同,强筋小麦总需氮量大于中筋小麦,特别是在拔节—孕穗期,适量增加氮肥供给能更好地提高强筋小麦的产量<sup>[9]</sup>。进一步研究证实,强筋小麦氮素吸收积累能力高于中筋小麦,但干物质积累能力弱于中筋小麦<sup>[10]</sup>。主茎与分蘖是小麦生产构建合理群体的关键,小麦生长发育过程中常形成较多的无效分蘖或者成小穗的分蘖,由于其性状与主茎差异较大,穗小粒少,单株生产力低,影响田间整齐度,或者由于分蘖生长过多,使群体结构不合理而导致小麦产量降低<sup>[11]</sup>。主茎与分蘖的光合产物分配、产量、籽粒品质因小麦的遗传特性、播期和施肥等原因而产生差异<sup>[12-15]</sup>。个体决定群体的产量与质量,茎蘖的生长发育差异性,使茎蘖间具有不同的生产力。小麦主茎与分蘖不同器官光合产物的积累与分配和籽粒产量有关<sup>[16]</sup>,前人研究认为,优化栽培措施促进主茎和低位蘖发育并提高其质量,加快高位蘖早亡,降低其数量,有助于提高小麦产量<sup>[17]</sup>。

收稿日期:2023-12-05

基金项目:国家重点研发计划(编号:2022YFD2300801-02);国家自然科学基金(编号:32272218、32101835);中国农业科学院科技创新工程重大科研任务(编号:CAAS-ZDRW202201)。

作者简介:周小忍(1998—),女,贵州六盘水人,硕士研究生,主要从事小麦高产栽培研究。E-mail:15121746901@163.com。

通信作者:郑成岩,博士,研究员,主要从事作物栽培与农田生态等研究。E-mail:zhengchengyan@caas.cn。

关于提高中、强筋小麦产量与品质的品种选育和栽培技术方面,前人已开展了较多的研究。随着黄淮海区域小麦品种的更替、生产水平的发展,进一步探究主茎与分蘖对中、强筋小麦产量与品质的贡献差异,可为该区域小麦高产优质生产提供理论参考。本研究在黄淮海冬麦区5个试验点分别选取了当地主推的中筋和强筋小麦品种为试验材料,研究中筋、强筋小麦主茎和分蘖干物质积累与分配、产量、品质的差异,对缩减中、强筋小麦生产中茎蘖产量和品质的差距,充分发挥中、强筋小麦主茎和分蘖的优势,促进小麦高产优质协同有重要意义。

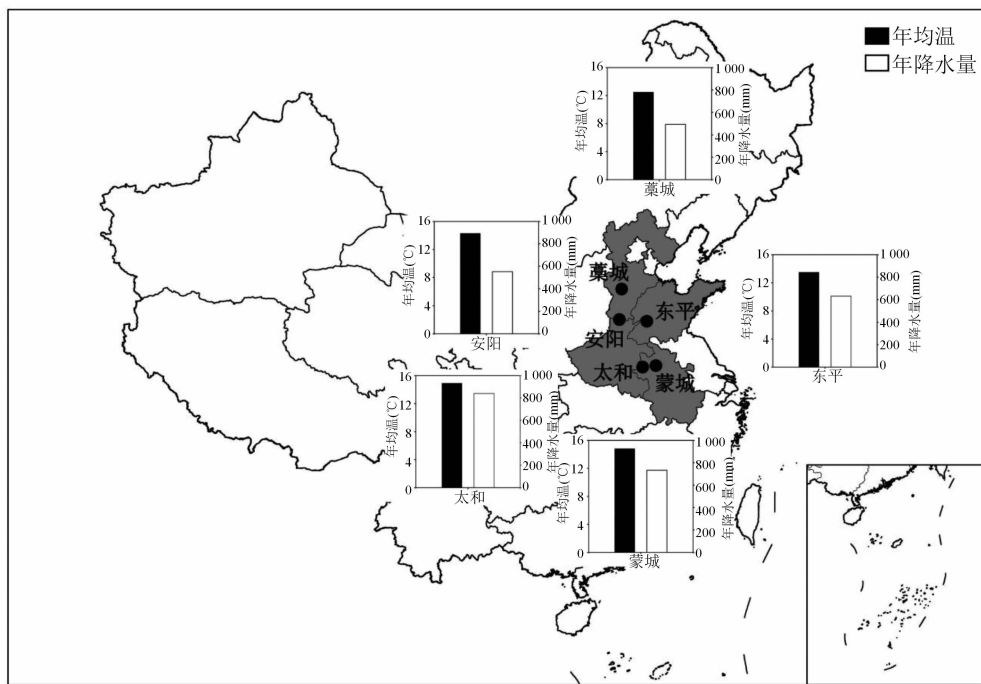
## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于2019—2020年在黄淮海冬麦区的山东

东平、河南安阳、安徽蒙城和太和、河北藁城共5个试验点进行(图1)。供试材料为2019—2020年上述5个试验点中参加国家小麦良种联合攻关黄淮海区域的中筋和强筋品种各1个(表1)。试验点品种试验采用完全随机区组设计,3次重复。在东平、安阳、蒙城、太和和藁城小麦播期分别为2019年10月12日、10月10日、10月16日、10月15日和10月7日,收获期分别为2020年6月7日、6月6日、6月3日、6月1日、6月11日。

试验田均为小麦—玉米一年两熟农田,前茬玉米收获后秸秆粉碎还田,旋耕机旋耕整地2遍后播种。播前土壤基础养分含量见表1。试验田管理参考当地一般高产田,符合国家小麦品种区域试验的标准。



审图号: GS(2020)4619

图1 不同地点年均温和年降水量

表1 不同地点的供试品种和土壤基础地力

地点	品种		播种前土壤0~20 cm 土层土壤养分含量				
	中筋	强筋	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
东平	山农 29(SN29)	济麦 229(JM229)	16.78	0.96	89.23	40.56	115.31
安阳	周麦 18(ZM18)	漯麦 163(LM163)	15.82	1.09	91.34	25.28	140.67
蒙城	荃麦 725(QM725)	安科 157(AK157)	17.31	1.21	101.41	28.97	177.09
太和	华成 3366(HC3366)	洲元 9369(ZY9369)	19.27	1.14	106.03	37.89	163.82
藁城	济麦 22(JM22)	藁优 2018(GY2018)	14.19	1.26	110.19	30.45	130.34

## 1.2 测定项目及方法

1.2.1 茎蘖标记 小麦第1个分蘖出现后,各品种选取3个小麦长势均匀区域,挂牌标记小麦主茎;随机选取3个1 m<sup>2</sup>样方作为测产点,将主茎与分蘖分开,测定产量。

1.2.2 干物质积累与分配测定 小麦成熟期各品种取标记小麦15株,带回室内,剪掉根部,将主茎与分蘖分开,测定茎蘖穗粒数并记录;植株分为茎鞘+叶片、籽粒+颖壳+穗轴3部分,分别装入样品袋内,80℃恒温下烘干至恒重,冷却后取出称量并记录干重,计算公式如下<sup>[13]</sup>:

各器官分配比例 = 各器官干物质积累量/整株干物质积累量 × 100%。

1.2.3 穗数、千粒重和产量测定 小麦成熟期,各品种调查3个测产点主茎与分蘖穗数并记录;收获测产点主茎小穗,装袋标记,然后收获样点剩余小穗,装袋标记,带回室内分别脱粒并称量,测量主茎与分蘖千粒重并记录。测量籽粒含水量,以12.5%的含水量折算产量(g/m<sup>2</sup>)。

1.2.4 籽粒品质测定 容重:采用GB/T 5498—2013《粮油检验 容重测定》执行测量,使用HGT-1000型容重器(上海东方衡器有限公司)进行测定。

蛋白质含量:采用GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法测定籽粒氮素含量,含氮量乘以系数5.7为籽粒蛋

白质含量。

蛋白质产量:蛋白质产量(g/m<sup>2</sup>) = 产量(g/m<sup>2</sup>) × 蛋白质含量(%)。

采用近红外谷物分析仪(Foss Infratec™ 1241型)测量小麦湿面筋含量、沉降值、面团形成时间和吸水率。

## 1.3 数据处理与统计分析

采用Excel 2019和SPSS 19.0软件进行数据分析与绘图,采用Duncan's新复极差法进行差异显著性检验(α=0.05)。

## 2 结果与分析

### 2.1 中、强筋小麦成熟期茎蘖干物质积累差异

由表2可知,中筋小麦平均成熟期干物质积累量比强筋小麦高10.31%;2种小麦类型的分蘖平均干物质积累量对成熟期干物质积累总量的贡献率高于主茎,并且中筋小麦品种优势明显,其变异系数也低于强筋小麦品种。中筋小麦品种间,SN29、ZM18和JM22分蘖干物质贡献率高于主茎,以SN29的贡献率最高,QM725、HC3366分蘖干物质贡献率低于主茎;强筋小麦品种间,JM229、LM163和GY2018分蘖干物质贡献率高于主茎,以JM229的贡献率最高,AK157、ZY9369分蘖干物质贡献率低于主茎。

表2 中、强筋小麦主茎与分蘖成熟期干物质积累量与贡献率差异

类型	品种	干物质积累量 (kg/hm <sup>2</sup> )	主茎		分蘖	
			积累量(kg/hm <sup>2</sup> )	贡献率(%)	积累量(kg/hm <sup>2</sup> )	贡献率(%)
中筋小麦	SN29	1 8491.32a	6 290.98cd	34.13c	12 200.34a	65.87a
	ZM18	16 909.91b	6 897.01c	40.83b	10 012.90b	59.17b
	QM725	15 455.34bc	7 960.41b	51.49a	7 494.94c	48.51c
	HC3366	16 725.25b	8 945.98a	53.50a	7 779.28c	46.50c
	JM22	14 080.89d	6 225.66d	44.26b	7 855.23c	55.74b
	平均值	16 332.55	7 264.01	44.84	9 068.54	55.16
	变异系数(%)	10.23	15.45	16.77	21.74	13.64
强筋小麦	JM229	17 507.70a	6 745.95bc	38.46d	10 761.75a	61.54a
	LM163	13 546.39cd	6 332.84bc	46.73bc	7 213.55b	53.27bc
	AK157	14 274.80c	7 360.16b	51.53b	6 914.65bc	48.47c
	ZY9369	15 726.95b	9 547.98a	60.72a	6 178.97c	39.28d
	GY2018	12 972.34d	5 885.55c	45.37c	7 086.79b	54.63b
	平均值	14 805.64	7 174.50	48.56	7 631.14	51.44
	变异系数(%)	11.78	19.79	16.51	22.28	15.59

注:同列数据后不同小写字母表示同一类型不同品种间差异显著(P<0.05)。表3、表4同。

## 2.2 中、强筋小麦成熟期茎蘖不同器官干物质分配差异

由表 3 可以看出,中筋和强筋小麦主茎的各器官干物质分配量平均值高于分蘖,但是其分蘖的茎鞘+叶片和颖壳+穗轴的干物质分配比例平均值

高于主茎,主茎的籽粒干物质分配比例平均值高于分蘖。2 种小麦类型比较,中筋小麦品种主茎和分蘖的平均籽粒干物质分配比例均高于强筋小麦,并且变异系数低于强筋小麦。

表 3 中、强筋小麦成熟期主茎与分蘖不同器官的干物质分配量与分配比例差异

类型	品种	干物质分配量(g)						干物质分配比例(%)					
		茎鞘+叶片		籽粒		颖壳+穗轴		茎鞘+叶片		籽粒		颖壳+穗轴	
		主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖
中筋小麦	SN29	1.07ab	0.83a	1.49ab	1.22a	0.36b	0.32a	36.74b	34.90c	50.97ab	51.40a	12.29bc	13.70ab
	ZM18	1.11a	0.83a	1.68a	1.30a	0.46a	0.34a	34.02b	33.67c	51.73a	52.65a	14.25a	13.68ab
	QM725	1.13a	0.86a	1.26cd	0.82b	0.36b	0.27b	41.07a	44.06a	45.75c	41.97b	13.18ab	13.97ab
	HC3366	1.11a	0.83a	1.33bc	0.85b	0.31b	0.25c	40.31a	43.28a	48.39bc	43.96b	11.29c	12.75b
	JM22	0.95b	0.62b	1.10d	0.72b	0.33b	0.24c	40.09a	38.96b	46.10c	45.53b	13.81a	15.51a
	平均值	1.07	0.80	1.37	0.98	0.36	0.28	38.45	38.98	48.59	47.10	12.97	13.92
	变异系数(%)	8.30	14.17	16.56	26.23	17.40	14.84	8.15	11.64	5.80	9.83	9.87	10.11
	强筋小麦	JM229	0.90bc	0.78bc	1.17bc	0.95b	0.32bc	0.28b	37.85bc	38.87c	48.72a	47.28a	13.43bc
LM163		1.04b	0.87ab	1.26b	1.05a	0.39b	0.32ab	38.75bc	38.92c	46.66ab	46.89a	14.59b	14.19b
AK157		1.01b	0.75c	0.79d	0.56e	0.25c	0.22c	49.23a	49.25a	38.46c	36.66c	12.31c	14.09b
ZY9369		1.63a	0.94a	1.77a	0.78c	0.57a	0.34a	40.91b	45.59b	44.67b	37.89c	14.42b	16.52ab
GY2018		0.76c	0.57d	0.94cd	0.65d	0.33bc	0.27b	37.35c	38.29c	46.22ab	43.43b	16.43a	18.27a
平均值		1.07	0.78	1.19	0.80	0.37	0.28	40.82	42.18	44.95	42.43	14.24	15.38
变异系数(%)		29.99	17.60	31.52	24.16	31.66	17.58	11.71	11.25	8.72	11.17	10.69	14.05

中筋小麦品种间,SN29 和 ZM18 主茎籽粒干物质分配比例低于分蘖,QM725、HC3366 和 JM22 主茎籽粒干物质分配比例高于分蘖,以 ZM18 的主茎和分蘖籽粒干物质分配量和分配比例最高。强筋小麦品种间,JM229、AK157、ZY9369 和 GY2018 主茎籽粒干物质分配比例高于分蘖,LM163 主茎籽粒干物质分配比例低于分蘖,以 JM229 小麦的主茎和分蘖籽粒干物质分配比例最高。

## 2.3 中、强筋小麦茎蘖产量及其构成因素差异

2 种小麦类型比较,中筋小麦主茎平均产量低于分蘖,而强筋小麦主茎平均产量高于分蘖,并且中筋小麦品种主茎和分蘖的产量变异系数低于强筋小麦(表 4)。分析产量构成因素可知,中筋和强筋小麦(除 JM229 外)主茎的穗粒数和千粒重均高于分蘖,但是分蘖的穗数高于主茎。中筋小麦品种间,SN29、ZM18、HC3366 和 JM22 主茎产量低于分蘖,QM725 主茎产量高于分蘖,以 SN29 小麦的总产量最高;强筋小麦品种间,JM229 和 GY2018 主茎产量低于分蘖,LM163、AK157 和 ZY9369 主茎产量高于分蘖,以 ZY9369 小麦的总产量最高。

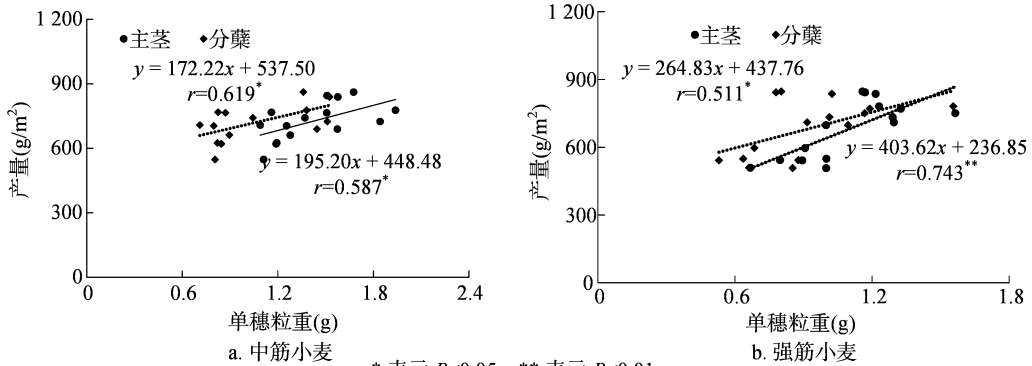
从相关分析可以看出,中、强筋小麦主茎和分蘖的单穗粒重均与总产量呈正相关关系,相关系数为 0.551~0.743(图 2)。中筋小麦主茎和分蘖单穗粒重与产量均呈显著正相关,且分蘖的相关系数高于主茎;强筋小麦主茎单穗粒重与产量呈极显著正相关,分蘖单穗粒重与产量呈显著正相关。

## 2.4 中、强筋小麦品质差异

由表 5 可以看出,中筋小麦主茎平均蛋白质含量、蛋白质产量(除 QM725 外)、吸水率(除 QM725、JM22 外)、湿面筋含量和面团形成时间均低于分蘖,而强筋小麦主茎蛋白质含量(除 ZY9369、GY2018 外)、蛋白质产量(除 JM229、GY2018 外)、湿面筋含量、吸水率、面团形成时间均高于分蘖;中筋(除 ZM18 外)和强筋小麦主茎容重均高于分蘖。进一步分析发现,中筋小麦品种主茎和分蘖的蛋白质含量、蛋白质产量和容重变异系数均低于强筋小麦,而湿面筋含量、吸水速率和面团形成时间变异系数均高于强筋小麦。中筋小麦品种间,主茎蛋白质含量、湿面筋含量和面团形成时间均低于分蘖,以 ZM18 小麦的平均蛋白质含量最高,HC3366 小麦的

表4 中、强筋小麦主茎与分蘖产量及其构成因素差异

类型	品种	产量(g/m <sup>2</sup> )		穗数(穗/m <sup>2</sup> )		穗粒数(粒/穗)		千粒重(g)	
		主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖
中筋小麦	SN29	346.96a	449.62a	216.46b	447.10a	34.44b	32.40b	46.79a	44.56a
	ZM18	355.73a	426.58a	212.96b	405.23a	42.58a	36.24a	41.38cd	40.51b
	QM725	364.48a	314.67b	290.33ab	384.09a	30.09bc	21.33c	39.26d	36.40c
	HC3366	364.76a	393.35ab	326.89a	404.07a	30.08bc	22.15c	44.80ab	41.22b
	JM22	286.02a	323.97b	261.86ab	453.49a	27.92c	21.01c	42.73bc	40.41b
	平均值	343.59	381.64	261.70	418.80	33.02	26.63	42.99	40.62
	变异系数(%)	14.04	18.07	22.42	20.66	18.68	25.49	7.09	7.00
强筋小麦	JM229	296.46c	475.25a	284.88b	535.62a	34.22ab	34.62a	33.49b	35.26ab
	LM163	384.94b	366.55b	310.71ab	348.91c	32.72ab	28.35b	42.53a	39.62a
	AK157	307.64c	225.78c	392.50a	405.68b	29.35b	21.85cd	28.99c	27.84c
	ZY9369	553.24a	246.77c	313.90ab	318.06c	35.60a	25.29bc	33.94b	32.99bc
	GY2018	220.45d	328.63b	236.69b	508.67a	22.22c	20.33d	40.55a	39.57a
	平均值	352.55	328.60	307.74	423.39	30.82	26.09	35.90	35.06
	变异系数(%)	34.19	29.12	20.78	21.87	18.20	21.48	14.56	15.36



\*表示  $P < 0.05$ ; \*\*表示  $P < 0.01$   
图2 产量与单穗粒重的相关关系

表5 中、强筋小麦籽粒品质差异

类型	品种	蛋白质含量(%)		蛋白质产量(g/m <sup>2</sup> )		容重(g/L)		湿面筋含量(%)		吸水率(%)		面团形成时间(min)	
		主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖	主茎	分蘖
中筋小麦	SN29	12.88	12.92	44.65	58.10	720.87	740.05	33.90	37.90	64.80	66.50	3.90	4.00
	ZM18	12.80	13.51	45.53	57.60	788.87	788.47	31.20	32.00	63.40	64.80	3.00	3.20
	QM725	12.84	13.05	46.79	41.11	778.11	758.59	34.20	34.30	60.20	59.60	1.70	1.90
	HC3366	12.69	13.26	46.27	52.19	810.31	805.23	37.10	37.50	65.20	67.70	2.80	3.80
	JM2	12.78	12.85	36.61	41.66	805.04	795.72	31.10	32.10	67.20	63.90	2.10	3.90
	平均值	12.80	13.12	43.97	50.13	780.64	777.61	33.50	34.76	64.16	64.50	2.70	3.36
	变异系数(%)	1.44	2.86	11.44	18.90	4.49	3.61	7.41	8.17	4.05	4.82	31.54	26.00
强筋小麦	JM229	14.23	13.86	42.41	65.81	762.75	757.45	38.50	36.30	64.70	64.50	5.60	3.40
	LM163	13.27	12.90	51.11	47.29	816.59	800.91	36.80	36.30	66.60	66.50	3.70	3.40
	AK157	13.05	12.44	40.16	28.03	706.37	704.87	38.90	38.30	68.30	67.10	2.40	1.70
	ZY9369	13.45	13.69	74.45	33.79	821.31	800.39	36.50	33.50	66.60	65.80	5.00	3.63
	GY2018	13.28	13.34	29.35	43.90	816.65	816.53	36.30	33.80	64.90	64.70	4.20	3.50
	平均值	13.46	13.25	47.50	43.77	784.73	776.03	37.40	35.64	66.22	65.72	4.18	3.13
	变异系数(%)	5.17	4.97	34.67	31.60	6.00	5.58	3.23	5.60	2.41	1.71	29.51	25.68

平均湿面筋含量最高, QM725 面团形成时间最短。SN29、ZM18、HC3366 和 JM22 主茎蛋白质产量低于分蘖, QM725 主茎蛋白质产量高于分蘖, 以 ZM18 小麦的总蛋白质产量最高。ZM18、QM725、HC3366 和 JM22 主茎籽粒容重高于分蘖, SN29 主茎籽粒容重低于分蘖, 以 HC3366 小麦的平均籽粒容重最高。SN29、ZM18 和 HC3366 主茎吸水率低于分蘖, QM725 和 JM22 主茎吸水率高于分蘖, 以 HC3366 小麦的平均吸水率最高。强筋小麦品种间, 主茎容重、湿面筋含量、吸水率和面团形成时间均高于分蘖, 以 GY2018 小麦的平均容重最高, AK157 小麦的平均湿面筋含量和吸水率最高, AK157 面团形成时间最短。JM229、LM163 和 AK157 主茎蛋白质含量高于分蘖, ZY9369 和 GY2018 主茎蛋白质含量低于分蘖, 以 JM229 小麦的平均蛋白质含量最高。LM163、AK157 和 ZY9369 主茎蛋白质产量高于分蘖, JM229 和 GY2018 主茎蛋白质产量低于分蘖, 以 ZY9369 小麦的总蛋白质产量最高。

### 3 讨论

#### 3.1 中、强筋小麦主茎和分蘖干物质积累差异分析

小麦干物质积累影响小麦产量的形成, 主茎与分蘖之间的物质运输对彼此的干物质积累会造成影响。分蘖发生所需光合同化物主要由主茎供给, 主茎叶片光合速率过低不利于单株分蘖数增加<sup>[16]</sup>, 而增加小麦分蘖数, 提高地上部分干物质积累量, 尤其是生育后期叶片、穗轴 + 颖壳的干物质积累量, 可以促进营养器官物质转运对籽粒的贡献, 提高穗粒数和千粒重<sup>[18]</sup>。研究表明, 中、强筋小麦的植株干物质积累在挑旗期后出现差异, 强筋小麦挑旗期之后的干物质积累速率相对较高, 中筋小麦在挑旗期之前的植株干物质积累速率较高, 挑旗期之后相对较低<sup>[19]</sup>。小麦开花前光合同化物在分蘖的分配量过低, 影响穗部发育, 降低分蘖成穗率<sup>[5]</sup>, 强筋小麦籽粒产量多来源于花后干物质积累<sup>[20]</sup>, 中筋小麦更侧重于花前干物质积累。进一步的研究认为强筋小麦干物质积累能力弱于中筋小麦, 而且主茎与分蘖发育时间的不均衡性以及营养物质的不均衡分配导致品种类型产生差异<sup>[21-22]</sup>。本研究结果也证实中筋小麦成熟期干物质积累量比强筋小麦高 10.31%, 中筋小麦品种平均籽粒干物质分配比例均高于强筋小麦, 与前人的研究结果<sup>[23]</sup>一致。本研究还探究了中、强筋小麦不同器官干物质分配

量与分配比例, 结果显示两者主茎各器官干物质分配量高于分蘖, 但在分配比例上, 分蘖的茎鞘 + 叶片和颖壳 + 穗轴高于主茎, 主茎的籽粒高于分蘖, 且中筋小麦主茎和分蘖的平均籽粒干物质分配比例均高于强筋小麦。

#### 3.2 中、强筋小麦主茎和分蘖产量及其构成因素差异分析

穗数、穗粒数、千粒重三者协调发展是提高小麦产量的基础, 主茎与分蘖的产量构成要素对产量贡献不同<sup>[24-25]</sup>, 主茎成穗较为稳定, 分蘖发生和成穗是决定穗数的重要因素<sup>[15-16]</sup>, 维持生育前期较优的群体茎蘖数量和生育中期较高的成穗率, 促进小麦分蘖的穗粒数和千粒重增加, 是提高小麦产量的重要措施之一<sup>[18]</sup>。穗粒重、结实粒数表现为主茎高于分蘖, 蘖位越高, 株高越低, 不孕小穗越多<sup>[26-27]</sup>。研究认为不同筋型小麦产量及其构成要素之间变化关系不同, 强筋小麦有效穗数显著提高, 千粒重则会显著减少<sup>[28]</sup>, 中筋小麦提高千粒重的同时, 穗数、穗粒数则不会有明显增长<sup>[29]</sup>; 也有研究表明, 中筋小麦产量与千粒重高于强筋小麦, 强筋小麦穗数增加则千粒重减少<sup>[30]</sup>。本研究结果显示, 中筋小麦主茎平均产量低于分蘖, 而强筋小麦主茎平均产量高于分蘖, 不同类型小麦茎蘖对产量的贡献不一; 研究还发现穗粒重与产量呈显著正相关关系, 特别是强筋小麦主茎单穗粒重与产量呈极显著正相关关系, 表明协调穗粒数和千粒重关系, 对提高强筋小麦产量有重要作用。

#### 3.3 中、强筋小麦主茎和分蘖籽粒品质差异分析

中、强筋小麦籽粒品质表现不同, 强筋小麦籽粒蛋白质含量、蛋白质产量、湿面筋含量、沉降值均高于中筋小麦<sup>[21]</sup>, 而吸水率、面团形成时间中筋小麦高于强筋小麦<sup>[31]</sup>。本研究结果也表明, 强筋小麦蛋白质含量、湿面筋含量、容重、吸水率、面团形成时间优于中筋小麦, 与前人的研究结果<sup>[30,32]</sup>相似。进一步研究发现, 中筋小麦主茎蛋白质含量、蛋白质产量、湿面筋含量、吸水率和面团形成时间的平均值均低于分蘖, 而强筋小麦主茎上述指标平均值均高于分蘖; 且中筋小麦品种主茎和分蘖的蛋白质含量、蛋白质产量和容重变异系数低于强筋小麦, 而湿面筋含量、吸水速率和面团形成时间变异系数高于强筋小麦。主要原因可能是强筋小麦氮素的吸收积累和蛋白质含量更容易受到外在因素影响<sup>[10]</sup>, 而且主茎与分蘖的生长发育时间和物质运输差异也对籽粒品

质有显著影响<sup>[33]</sup>,因此强筋小麦主茎品质更具优势,中筋小麦品质则要注重分蘖的发展。

#### 4 结论

本研究表明中筋和强筋小麦分蘖的平均干物质积累量对成熟期干物质积累总量的贡献率高于主茎,且中筋小麦干物质积累更具优势;中、强筋小麦分蘖穗数高于主茎,主茎与分蘖产量表现不同,中筋小麦分蘖产量高于主茎,强筋小麦主茎产量高于分蘖,中筋小麦分蘖产量贡献率更大;研究还发现中筋小麦主茎籽粒品质指标低于分蘖,强筋小麦主茎籽粒品质指标高于分蘖。因此,在黄淮海冬麦主产区,中筋小麦通过促进分蘖的发生和成穗,强筋小麦通过提高主茎的成穗优势,有利于实现中、强筋小麦产量和品质的协同提升。

#### 参考文献:

- [1] Erenstein O, Jaleta M, Mottaleb K A, et al. Global trends in wheat production, consumption and trade[J]. *Wheat Improvement*, 2022(3):47-66.
- [2] 国家统计局. 中国统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社,2022:375-404.
- [3] 王思宇, 荣晓枫, 樊高琼, 等. 播期对四川小麦分蘖发生、消亡及成穗特性的影响[J]. *麦类作物学报*, 2017, 37(5):656-665.
- [4] Kiss T, Balla K, Bányai J, et al. Associations between plant density and yield components using different sowing times in wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. *Cereal Research Communications*, 2018, 46(2):211-220.
- [5] 胡卫丽, 王永华, 李刘霞, 等. 氮密调控对两种穗型冬小麦品种茎秆干物质积累与转运的影响[J]. *麦类作物学报*, 2014, 34(6):808-815.
- [6] Ding J F, Li F J, Xu D Y, et al. Tillage and nitrogen managements increased wheat yield through promoting vigor growth and production of tillers[J]. *Agronomy Journal*, 2021, 113(2):1640-1652.
- [7] Yang D Q, Cai T, Luo Y L, et al. Optimizing plant density and nitrogen application to manipulate tiller growth and increase grain yield and nitrogen-use efficiency in winter wheat[J]. *PeerJ*, 2019, 7:e6484.
- [8] 杨洪强, 顾晶晶, 田文仲, 等. 不同灌水处理对小麦产量和籽粒品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2022, 50(19):74-78.
- [9] 马瑞琦, 陶志强, 王德梅, 等. 追氮量对强筋和中筋小麦产量与品质的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2019, 25(10):1799-1807.
- [10] 马瑞琦, 王德梅, 陶志强, 等. 不同筋型小麦干物质和氮素积累对追施氮量的响应[J]. *植物营养与肥料学报*, 2022, 28(4):622-631.
- [11] Huang X, Wang C Y, Hou J F, et al. Coordination of carbon and nitrogen accumulation and translocation of winter wheat plant to improve grain yield and processing quality[J]. *Scientific Reports*, 2020, 10:10340.
- [12] 陈军晓, 张保军, 张正茂, 等. 不同栽培模式对冬小麦干物质积累及籽粒灌浆特性的影响[J]. *西北农业学报*, 2017, 26(12):1776-1786.
- [13] 郑成岩, 于振文, 马兴华, 等. 高产小麦耗水特性及干物质的积累与分配[J]. *作物学报*, 2008, 34(8):1450-1458.
- [14] Ding Y G, Zhang X B, Ma Q, et al. Tiller fertility is critical for improving grain yield, photosynthesis, and nitrogen efficiency in wheat[J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2023, 22(7):2054-2066.
- [15] 谭植, 闫素辉, 刘良柏, 等. 拔节期低温对小麦穗花发育与籽粒淀粉粒分布的影响[J]. *西北农业学报*, 2021, 30(5):637-644.
- [16] 周羊梅, 顾正中, 王安邦, 等. 小麦主茎光合产物的运转与分配[J]. *核农学报*, 2008, 22(1):80-83.
- [17] 张晶, 王姣爱, 党建友, 等. 冬小麦主茎及分蘖籽粒产量和品质的差异[J]. *麦类作物学报*, 2010, 30(3):526-528.
- [18] 王鑫炜, 任爱霞, 孙敏, 等. 播量对宽幅条播冬小麦群体结构和干物质积累分配的影响[J]. *麦类作物学报*, 2021, 41(10):1272-1280.
- [19] 张子旋, 王艳群, 甄怡铭, 等. 强筋和中筋小麦氮肥适宜基追比例研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2022, 28(7):1249-1259.
- [20] 姚金保, 马鸿翔, 张平平, 等. 种植密度和施氮量对小麦宁麦24籽粒产量和品质的影响[J]. *江苏农业科学*, 2018, 46(15):41-44.
- [21] Cui H X, Luo Y L, Li C H, et al. Effects of nitrogen forms on nitrogen utilization, yield, and quality of two wheat varieties with different gluten characteristics[J]. *European Journal of Agronomy*, 2023, 149:126919-126932.
- [22] 屈会娟, 李金才, 沈学善, 等. 播种密度对冬小麦不同穗位与粒位结实粒数和粒重的影响[J]. *作物学报*, 2009, 35(10):1875-1883.
- [23] Li D X, Zhang D, Wang H G, et al. Optimized planting density maintains high wheat yield under limiting irrigation in North China Plain[J]. *International Journal of Plant Production*, 2020, 14(1):107-117.
- [24] Gaju O, de Silva J, Carvalho P, et al. Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat[J]. *Field Crops Research*, 2016, 193:1-15.
- [25] 王小明, 王振峰, 张新刚, 等. 不同施氮量对高产小麦茎秆消长、花后干物质积累和产量的影响[J]. *西北农业学报*, 2013, 22(5):1-8.
- [26] 乔祥梅, 王志伟, 程加省, 等. 低纬高原区不同生态条件下旱地小麦新品种(系)产量形成及其群体动态特征差异[J]. *麦类作物学报*, 2019, 39(12):1468-1476.
- [27] 田中伟, 王方瑞, 戴廷波, 等. 小麦品种改良过程中物质积累转运特性与产量的关系[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(4):801-808.
- [28] 刘通通, 张雯婧, 彭嘉颖, 等. 黄淮麦区优质强筋、中筋小麦粉品质特性与面条性质的相关性分析[J]. *中国粮油学报*, 2022, 37

旷子扬,郑宏斌,文伟康,等. 漂浮育苗盘孔数和控水促根育苗措施对烟苗生长发育的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(9):94-99.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.09.013

# 漂浮育苗盘孔数和控水促根育苗措施对烟苗生长发育的影响

旷子扬<sup>1</sup>, 郑宏斌<sup>2</sup>, 文伟康<sup>3</sup>, 江智敏<sup>2</sup>, 徐志强<sup>2</sup>, 潘飞龙<sup>2</sup>, 王卫民<sup>2</sup>, 肖志鹏<sup>3</sup>, 曾惠宇<sup>3</sup>,  
何永秋<sup>3</sup>, 邓永晟<sup>1</sup>, 夏冰<sup>1</sup>, 邓小华<sup>1</sup>

(1. 湖南农业大学农学院,湖南长沙 410128; 2. 浙江中烟工业有限责任公司,浙江杭州 310008;  
3. 湖南省烟草公司衡阳市公司,湖南衡阳 421001)

**摘要:**为明确漂浮育苗盘孔数和控水促根育苗措施对烟苗生长发育的影响,以云烟 87 为材料,研究不同处理对烟苗根系性状指标、根系活力、地上部生长和干物质积累的影响,并用  $\eta^2$  值对育苗盘孔数、控水促根育苗措施及其互作对烟苗生长的影响进行了评价。结果表明,减少育苗盘孔数、采用控水促根育苗措施可促进根的投影面积、表面积和根尖数增加,改善烟苗农艺性状,提高叶片 SPAD 值,提高烟苗根、茎、叶器官的干物质质量和烟苗干物质总量。育苗盘孔数、控水促根措施互作对根系性状指标的贡献率最大(44.92%);控水促根措施对根系活力的贡献率最大(37.23%);育苗盘孔数对地上部烟苗农艺性状的贡献率最大(49.63%);育苗盘孔数对叶片 SPAD 值的贡献率最大(69.06%);育苗盘孔数对干物质积累与分配的贡献率最大(48.60%)。因此,采用 136 孔漂浮育苗盘配合基质添加微生物菌剂,加上苗棚后期控水管理,可培育壮根苗,对促进稻茬烤烟早生快发有重要意义。

**关键词:**育苗盘孔数;控水促根措施;烟苗根系;农艺性状;干物质积累

**中图分类号:**S572.043 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)09-0094-06

培育壮根苗是烟叶优质适产的基础<sup>[1]</sup>。南方稻作烟区存在如下问题:暖冬年烟苗对移栽期缓冲弱导致移栽过早而早花<sup>[2]</sup>;烟苗对低温阴雨寡照天气适应能力弱,导致营养生长量不够<sup>[3]</sup>;现有漂浮育苗的根系弱,导致还苗期长、长势差<sup>[4]</sup>;播种、苗龄、移栽、团棵、旺长与云烟 87 适宜生长的农事指标

不配套,导致烟株矮、节间短、绿叶数少等<sup>[5-6]</sup>。由此可见,形成合适、配套的壮根苗培育技术体系对当前烟苗培育十分重要。前人已研究了不同规格育苗盘对烟叶产质量的影响<sup>[7]</sup>,探索在单位育苗面积上达到壮苗标准的最大育苗密度<sup>[8]</sup>,并认为在一定范围内减少育苗盘孔数往往能促进烟叶产质量增加、提高经济效益<sup>[9-10]</sup>。刘添毅等认为,育苗期采取湿润育苗能在保持漂浮育苗的优势前提下,在一定程度上克服漂浮育苗根系较弱的缺点,使根系发达<sup>[11]</sup>。现有研究表明,微生物菌剂对烤烟幼苗根系活力有显著的增强作用<sup>[12]</sup>,同时还能改善农艺性状、提高产量<sup>[13-14]</sup>。将育苗盘孔数与各类控苗方式联系起来开展研究的报道较少。鉴于此,笔者尝试

收稿日期:2023-06-20

基金项目:湖南省烟草公司衡阳市公司科技项目(编号:HYYC2022KJ17);  
浙江中烟科技重点项目(编号:ZJZY2023B001)。

作者简介:旷子扬(2000—),男,湖南衡阳人,硕士研究生,研究方向为烟草栽培与调制。E-mail:kzy7962@163.com。

通信作者:邓小华,博士,教授,主要从事烟草科学与工程方面的研究。E-mail:yzdxh@163.com。

(2):39-45.

[29] Ma M M, Li Y C, Xue C, et al. Current situation and key parameters for improving wheat quality in China [J]. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12:638525.

[30] 王云赫,范仲卿,郭新送,等. 腐殖酸对不同筋度小麦品种生长特性、产量和品质的影响[J]. *麦类作物学报*, 2022, 42(10): 1240-1246.

[31] 张秀,朱文美,代兴龙,等. 施氮量对强筋小麦产量、氮素利用

率和品质的影响[J]. *麦类作物学报*, 2018, 38(8):963-969.

[32] 曹承富,孔令聪,汪建来,等. 施氮量对强筋和中筋小麦产量和品质及养分吸收的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(1):46-50.

[33] González-Navarro O E, Griffiths S, Molero G, et al. Dynamics of floret development determining differences in spike fertility in an elite population of wheat [J]. *Field Crops Research*, 2015, 172: 21-31.