

陈留根, 刘红江, 沈明星, 等. 不同播种方式对小麦产量形成的影响[J]. 江苏农业学报, 2015, 31(4): 786-791.

doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.04.012

## 不同播种方式对小麦产量形成的影响

陈留根<sup>1</sup>, 刘红江<sup>1</sup>, 沈明星<sup>2</sup>, 郑建初<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所, 江苏 南京 210014; 2. 江苏太湖地区农业科学研究所, 江苏 苏州 215155)

**摘要:** 大田试验, 设置人工撒播、条播、穴播等 3 个处理, 研究不同播种方式对扬麦 19 产量形成的影响。结果表明: 小麦不同生育时期单位面积茎蘖数撒播最大, 条播其次, 穴播最小。不同播种方式小麦的最高分蘖数撒播最大, 穴播最小, 小麦的茎蘖成穗率撒播要明显小于条播和穴播。不同播种方式小麦叶面积指数, 在小麦生育前期, 撒播小麦叶面积指数较大, 到生育中后期条播小麦较大。不同播种方式小麦产量, 条播小麦的产量最高, 单位面积产量分别比撒播和穴播增加 3.0% 和 9.1%。条播使小麦产量增加, 主要是因为条播显著增加了小麦的穗粒数, 千粒质量对条播小麦产量增加的作用相对较小。在小麦生育前期, 撒播小麦干物质积累较大, 到生育中后期条播小麦较大。经济系数, 条播小麦略低于撒播小麦和穴播小麦, 处理间差异不明显。总体而言, 生育前期撒播小麦茎蘖发生快, 叶面积指数高, 群体相对较大; 生育中后期条播小麦群体结构更加合理, 生长速度加快, 叶面积指数较高, 干物质积累量大, 最终产量显著增加。

**关键词:** 不同播种方式; 小麦; 干物质积累量; 产量形成

**中图分类号:** S512.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2015)04-0786-06

## Effects of different seeding modes on grain yield formation of wheat

CHEN Liu-gen<sup>1</sup>, LIU Hong-jiang<sup>1</sup>, SHEN Ming-xing<sup>2</sup>, ZHENG Jian-chu<sup>1</sup>

(1. Institute of Agricultural Resources and Environments, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Suzhou City Academy of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted on Yangmai 19 to investigate the effects of broadcast seeding, row seeding and bunch seeding on grain yield in wheat. The results showed that Maximum stem and tiller number per unit area was observed in wheat with broadcast seeding, and the minimum, in wheat with bunch seeding. Among different planting methods, broadcast seeding was the best for reaching the highest tiller number, but the worst for ear-bearing. Broadcast seeding presented larger leaf area index at early growth stages whereas row seeding took a lead at middle to late stages. Compared with broadcast seeding and bunch seeding, row seeding increased the grain yield by 3.0% and 9.1%, respectively, by increasing spikelet number per panicle rather than 1 000-grain weight. Broadcast seeding improved dry matter weight at early growth stages, and row seeding took its place at late stages. There was no significant difference in the economic index among three treatments. In sum, broadcast-seeded wheat developed quickly at early growth stages, resulting in larger leaf area and bigger population. However, at late stages, row-seeded wheat, showed more reasonable population configuration was leading to faster growth speed and higher grain yield at maturity.

**Key words:** seeding mode; wheat; dry matter accumulation; grain yield

收稿日期: 2015-03-18

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD04B08); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201103001)

作者简介: 陈留根(1962-), 男, 江苏常熟人, 硕士, 研究员, 主要从事农业生态和稻麦栽培生理生态研究。(E-mail) chenliugen@sina.com

通讯作者: 郑建初, (E-mail) zjc@jaas.ac.cn

小麦是中国主要粮食作物, 常年播种面积约  $2.13 \times 10^7 \sim 3.07 \times 10^7$  hm<sup>2</sup>, 仅次于水稻、玉米, 因此, 小麦生产力水平直接关系到中国粮食安全, 以及麦区农

业增产与农民增收。近几年来,中国小麦单产有了大幅度提高,2011 年中国小麦播种面积为  $2.43 \times 10^7$   $\text{hm}^2$ ,平均单产达到  $4.8 \times 10^3 \text{ kg/hm}^2$ <sup>[1-5]</sup>。合理的群体结构是小麦获得高产稳产的基础<sup>[6]</sup>,较强的光合能力,良好的物质积累和转化性能是合理的群体结构必须同时具备的 3 个特点,而这些直接受群体质量的影响<sup>[7]</sup>。在通过调控栽培措施,建立高质量小麦群体,获得小麦高产方面,前人进行了大量研究<sup>[8-16]</sup>。多数研究结果表明,在一定范围内,随着播种密度增加,小麦产量也呈上升趋势,但当密度增加到一定程度后,小麦群体质量下降,产量也随之降低<sup>[10,17]</sup>。小麦生育前期水分亏缺会降低群体总茎蘖数和成穗率,影响产量<sup>[18]</sup>,但是小麦生育后期过多水分供应同样不利于构建高质量群体和提高产量<sup>[19]</sup>。小麦的播种方式,直接影响小麦群体质量及其物质生产和产量形成。目前,关于不同播种方式对小麦生长发育及产量形成影响进行比较研究的报道较少。长江下游小麦生产,主要采用的播种方式有人工撒播、机械撒播、机械条播、稻田套播等方式<sup>[20]</sup>,江苏南部地区的土壤较为粘湿,小麦种植一般以人工撒播为主<sup>[21]</sup>。为此,本研究通过设置人工撒播,以及模拟机械播种的人工条播和人工穴播研究这 3 种播种方式对小麦产量形成的影响,以期对长江下游小麦高产的适宜播种方式的选择提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

本试验于 2013 年 11 月–2014 年 6 月在江苏省苏州市望亭镇项路村农业示范园试验田中进行,该地属于北亚热带季风气候,年降水量 1 100 mm 左右,年平均温度约 15.7 °C,年日照时间大于 2 000 h,年无霜期大于 230 d,耕作方式为水稻冬小麦轮作。试验田土壤类型为黄泥土,土壤基本理化性质为:全氮 1.7 g/kg,速效氮 45.8 mg/kg,总磷 0.41 g/kg,速效磷 16.6 mg/kg,速效钾 161.4 mg/kg,容重 1.25 g/cm<sup>3</sup>,有机质 23.6 g/kg,pH 6.8。

### 1.2 供试材料

试验设人工撒播、条播、穴播 3 种播种方式。联合收割机收获上季水稻时将秸秆切碎,用拖拉机耕翻秸秆入土还田。供试小麦品种为:扬麦 19,播种时间为 11 月 7 日,播种量均为 150.0 kg/hm<sup>2</sup>。撒播:人工撒播,再耙一遍覆盖种子;条播:人工开沟,

行距为 20 cm;穴播:行距为 20 cm,株距为 10 cm。试验重复 3 次,每个小区面积 666.7 m<sup>2</sup>。氮肥(N)、磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、钾肥(K<sub>2</sub>O)施用量分别为 240 kg/hm<sup>2</sup>、90 kg/hm<sup>2</sup>、90 kg/hm<sup>2</sup>,氮肥按照基肥:拔节肥:穗肥=6:1:3 施用,施肥时间分别为播种前(基肥)、3 月 7 日(拔节肥)、4 月 5 日(穗肥),肥料均采用人工撒施。磷肥、钾肥全部作为基肥施用。其他栽培管理措施同当地麦田,适时进行病虫草害防治。

### 1.3 测定内容与方法

1.3.1 茎蘖动态调查 在小麦的苗期(12 月 5 日)、返青期(1 月 20 日)、拔节期(3 月 5 日)、抽穗期(4 月 20 日)、穗后 20 d(5 月 10 日)、成熟期(5 月 30 日)等几个主要生育时期,每小区调查 2 m<sup>2</sup> 小麦茎蘖数,同时折算为单位面积茎蘖数。

1.3.2 干物质量和叶面积的测定 于小麦返青期、拔节期、抽穗期、穗后 20 d、成熟期在调查各小区茎蘖数的基础上,根据每株平均茎蘖数取代表性植株 15 株,分别测定地上部植株茎鞘、绿叶、黄叶、穗各部分干物质量(105 °C 杀青 30 min 后,75 °C 烘干至恒质量)。测量叶片的长与宽,按公式计算叶面积(叶面积=长×宽×0.75)<sup>[22]</sup>,并计算叶面积指数(LAI)。

1.3.3 小麦产量及其构成 在每小区调查 2 m<sup>2</sup> 小麦穗数的基础上,根据每株平均穗数,取 15 株调查穗粒数,求取平均穗粒数和群体总结实粒数,测定千粒质量,计算理论产量。

1.3.4 经济系数 经济系数=籽粒产量/生物产量

### 1.4 数据处理方法

采用 SPSS 13.0 软件进行统计分析,用 Excel 作图。各处理的比较采用最小显著差数(LSD)法。

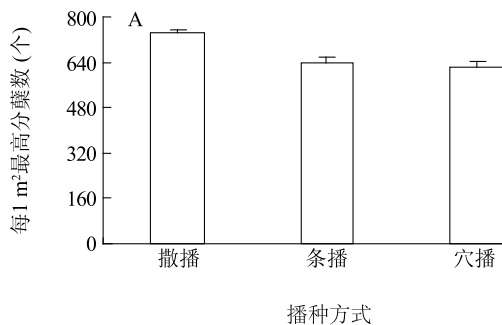
## 2 结果与分析

### 2.1 不同播种方式对小麦茎蘖动态的影响

不同播种方式小麦单位面积茎蘖数的消长总体呈 Logistic 曲线变化趋势(图 1),不同生育时期,小麦的单位面积茎蘖数均是撒播最大,条播次之,穴播最小。撒播和穴播相比较,主要生育时期拔节期(3 月 5 日)、抽穗期(4 月 20 日)和成熟期(5 月 30 日)撒播小麦单位面积茎蘖数分别比穴播增加 16.9%、12.0% 和 11.6%。统计分析结果表明,处理间的差异均达到显著水平。

## 2.2 不同播种方式对小麦最高分蘖数和茎蘖成穗率的影响

不同播种方式小麦的最高分蘖数(图 2A)以撒播小麦最大,穴播小麦最小,撒播小麦的最高分蘖数分别比条播和穴播小麦最高分蘖数高 16.9%、19.4%,撒播小麦的最高分蘖数显著大于条播和穴播。撒播小麦生育前期,由于个体分布相对均匀以及单株营养较好,分蘖发生快,茎蘖数的高峰值大,群体大,到生长中后期田间通风透光差,无效分蘖消亡的比例高。因此,撒播小麦茎蘖成穗率(图 2B)最低,分别比条播和穴播小麦低 5.9%、4.6%,撒播小麦的茎蘖成穗率显著低于条播和穴播。



A: 每 1 m² 最高分蘖数; B: 茎蘖成熟率。

图 2 不同播种方式对小麦最高分蘖数和茎蘖成穗率的影响

Fig. 2 Effects of seeding modes on the highest tillers and ear-bearing percentage in wheat

## 2.3 不同播种方式对小麦叶面积指数的影响

由表 1 可知,在小麦生育前期,撒播小麦由于群体较大,叶面积指数较大,到生育中后期条播小麦叶面积指数较大。返青期,撒播小麦的叶面积指数分别比条播和穴播小麦增加 9.2% 和 13.7%,穴播小麦的叶面积指数显著低于撒播小麦;拔节期和抽穗期,穴播小麦的叶面积指数显著低于条播小麦和撒播小麦;穗后 20 d,穴播小麦的叶面积指数显著低于条播小麦。

## 2.4 不同播种方式对小麦产量及其构成因素的影响

由表 2 可见,不同播种方式的小麦产量,条播小麦的产量最高,单位面积产量分别比撒播和穴播小麦增加 3.0% 和 9.1%。统计分析结果表明,条播小麦与撒播小麦产量之间差异不显著,但显著大于穴播小麦。说明条播有利于提高小麦产量。

从产量构成看,撒播小麦单位面积穗数比条播和穴播小麦提高 6.6% 和 11.6%,处理间差异达到

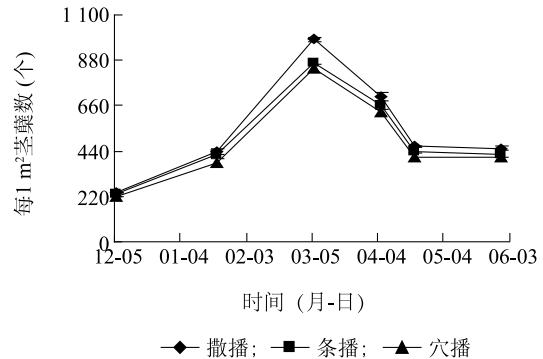
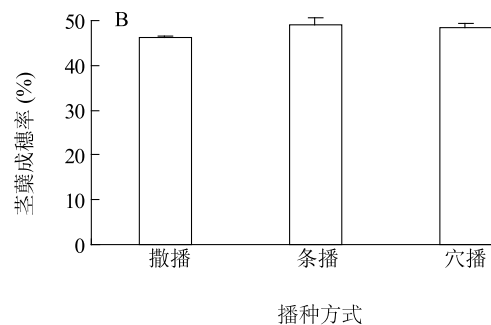


图 1 不同播种方式对小麦茎蘖动态的影响

Fig. 1 Changes in stems and tillers in differently-seeded wheat



显著水平;条播小麦的穗粒数显著大于撒播和穴播小麦,穴播小麦的穗粒数显著大于撒播小麦;不同播种方式小麦的千粒质量差异均未达到显著水平。说明条播使小麦的产量增加,主要是因为条播显著增加了小麦的穗粒数,千粒质量对条播小麦产量增加的作用相对较小。

## 2.5 不同播种方式对小麦生物产量和经济系数的影响

2.5.1 不同播种方式对小麦干物质积累量的影响 由表 3 可知,小麦生育前期中的返青期,撒播小麦干物质积累较快,生育中后期条播小麦干物质积累量较大。返青期,撒播小麦的干物质积累量显著高于穴播小麦;拔节期,不同播种方式小麦的干物质积累量差异不显著;抽穗期和穗后 20 d,条播小麦的干物质积累量显著高于撒播小麦和穴播小麦;成熟期,条播小麦的干物质积累量显著高于穴播小麦。

表 1 不同播种方式对小麦叶面积指数的影响

Table 1 Effects of seeding modes on leaf area index of wheat

处理	叶面积指数			
	返青期	拔节期	抽穗期	穗后 20 d
撒播	0.83±0.02a	1.81±0.04a	4.96±0.09a	4.52±0.04ab
条播	0.76±0.03ab	1.74±0.03a	5.10±0.08a	4.67±0.08a
穴播	0.73±0.02b	1.54±0.04b	4.59±0.08b	4.43±0.03b

同一列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 2 不同播种方式对小麦产量及其构成因素的影响

Table 2 Effects of seeding modes on grain yield and yield components of wheat

处理	每 1 m <sup>2</sup> 穗数 (个)	穗粒数 (粒)	千粒质量 (g)	产量 (g/m <sup>2</sup> )
撒播	453.7±8.3a	32.5±0.5c	36.5±0.1a	538.1±3.4a
条播	425.7±6.1b	35.3±0.3a	36.9±0.1a	554.3±5.1a
穴播	406.7±5.1c	34.0±0.5b	36.7±0.1a	508.0±2.4b

同一列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

表 3 不同播种方式对小麦干物质累积量的影响

Table 3 Effects of seeding modes on dry matter accumulation of wheat

处理	小麦干物质累积量 (g/m <sup>2</sup> )				
	返青期	拔节期	抽穗期	穗后 20 d	成熟期
撒播	76.1±3.2a	154.0±10.5a	642.5±10.5b	825.5±15.2b	1 149.6±34.2ab
条播	69.5±3.2ab	134.5±12.5a	681.9±12.4a	877.9±14.4a	1 197.2±26.2a
穴播	62.3±0.6b	122.3±3.9a	619.3±3.2b	803.7±11.3b	1 065.3±6.3b

同一列数据后不同小写字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

2.5.2 不同播种方式对小麦经济系数的影响 从经济系数(图 3)看,条播小麦经济系数略低于撒播和穴播小麦,但处理间差异不显著。说明条播增加小麦产量主要是增加了其生物产量。

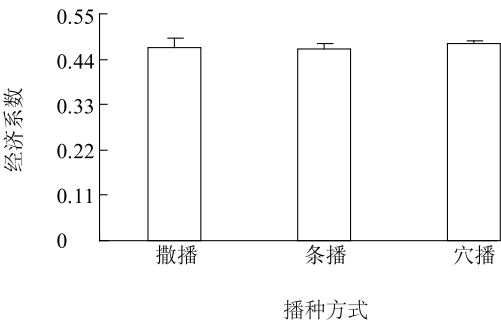


图 3 不同播种方式对小麦经济系数的影响  
Fig. 3 Effects of seeding modes on the economic index of wheat

3 讨论

3.1 不同播种方式对小麦茎蘖成穗率的影响

适宜的基本苗数是小麦形成良好群体质量的基础,本研究条播和撒播小麦的基本苗数在每 1 hm<sup>2</sup> 2.40×10<sup>6</sup> 苗左右,与前人<sup>[23]</sup>研究的优质高产小麦群体质量指标基本一致。就茎蘖成穗率而言,在适宜的穗数范围内,茎蘖成穗率越高,产量也越高<sup>[24]</sup>。本研究发现,条播小麦茎蘖成穗率要高于撒播和穴播小麦,条播小麦的茎蘖成穗率为 49.1%,这与凌启鸿等<sup>[25]</sup>的研究结果,高产小麦茎蘖成穗率一般为 40%~50% 相一致。说明本研究条播小麦的基本苗数适宜,茎蘖成穗率高,是其产量较高的原因之一。

3.2 不同播种方式对小麦叶面积指数的影响

适宜的叶面积指数是小麦高产群体质量的



基础指标<sup>[26]</sup>。凌启鸿等<sup>[25]</sup>研究表明,江苏地区高产群体最适叶面积指数为 5.5~6.5,在产量为 6 000 kg/hm<sup>2</sup> 的条件下,孕穗期小麦的叶面积指数为 6.5~7.0<sup>[23]</sup>。陆增根等<sup>[16]</sup>研究表明,增加后期追肥比例有利于花后持续保持较大的叶面积,延长叶片功能期,促进光合物质的生产。本研究小麦生育后期条播小麦的叶面积指数较大,因此其最终产量也相对较高,这和人<sup>[16]</sup>的研究结果基本一致。此外,本研究小麦叶面积指数相对较低,可能与测量方法及观测日期不同有关<sup>[27]</sup>,这可能也是本研究小麦产量总体不高的重要原因。

### 3.3 不同播种方式对小麦产量及其构成因素的影响

本研究结果表明,3 种播种方式中,条播小麦产量最高,单位面积产量分别比撒播和穴播小麦增加 3.0% 和 9.1%。条播使小麦的产量增加,主要是因为条播显著增加了小麦的穗粒数,千粒质量对条播小麦产量增加的作用相对较小。这与司纪升等<sup>[28]</sup>在不同种植方式下的研究结果,垄作提高小麦的产量主要是通过提高穗粒数和千粒质量来实现的基本一致。不同施氮量的研究表明,小麦单位面积穗数和穗粒数随着施氮量的增加而提高,千粒质量随着施氮量的增加而降低<sup>[29]</sup>。此外,不同施氮方式的研究结果表明,由于不同处理小麦基肥使用量相同,使小麦的基本苗数大致相当,但不同处理穗肥的使用量相差较大,因此不同施氮方式主要影响了小麦的千粒质量,对有效穗数和穗粒数的影响不大<sup>[14]</sup>。说明不同施氮量、不同施氮方式和不同播种方式对小麦产量的影响原因并不一致,不同播种方式下小麦产量不同,主要是因为不同播种方式改变了小麦的穗粒结构。

### 3.4 不同播种方式对小麦干物质累积量的影响

关于小麦的干物质累积量对产量的影响,许多研究结果表明<sup>[15,23,30]</sup>,籽粒产量主要来自花前贮藏碳水化合物的转运和花后光合产物,而花后干物质累积量和产量的关系更为直接。李春燕等<sup>[23]</sup>研究表明,小麦花后干物质累积量与籽粒产量呈极显著正相关。在一定的干物质总量下,过高的花前干物质累积量不利于产量的提高<sup>[15]</sup>。本研究结果表明,在小麦生育前期,撒播

小麦干物质积累较快,到生育中后期,条播小麦干物质生长量要明显大于撒播和穴播小麦,主要是因为条播小麦落籽均匀,覆土深浅一致,出苗整齐,生育中后期群体内通风、透光较好,减轻了个体与群体的矛盾,有利于其干物质生产。生育后期干物质累积量大,是条播小麦产量比撒播和穴播小麦产量高的重要原因,这和前人的研究结果<sup>[30]</sup>基本一致。因此,在实际生产中,根据产量目标,在小麦生育前期有一定的干物质积累的基础上,通过栽培措施的调节,提高小麦生育后期的光合能力,提高后期群体光合生产累积量及其向籽粒输送的比例,有利于获得小麦生产的高产稳产。

### 参考文献:

- [1] 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2011.
- [2] 吴宏亚, 蒋正宁, 王 玲, 等. 小麦籽粒硬度及其对面粉加工品质影响的研究进展[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(2): 437-441.
- [3] 杨学芳, 赵 勇, 王 杰, 等. 小麦叶片自由水/束缚水比值的遗传变异及其与抗寒性的相关性[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 66-68.
- [4] 蔡金华, 陈爱大, 李东升. 不同施氮条件下镇麦 168 籽粒产量与构成因素的相关性研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 73-75.
- [5] 朱 银, 颜 伟, 杨 欣, 等. 电导法测定小麦种子活力[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 78-80.
- [6] 河南省小麦高产稳产优质低耗研究推广协作组. 小麦生态与生产技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1986: 165-186.
- [7] 张维城, 王志和, 任永信, 等. 有效分蘖终止期控制措施对小麦群体质量影响的研究[J]. 作物学报, 1998, 24(6): 903-905.
- [8] SINGH P K, RAHEY A. Response of wheat (*Triticum aestivum*) to seeding date, nitrogen levels and seed rate [J]. Journal of Research, 1998, 10(1): 34-37.
- [9] 马兴华, 于振文, 梁晓芳, 等. 施氮量和底追比例对小麦氮素吸收利用及籽粒产量和蛋白质含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(2): 150-155.
- [10] 郭天财, 查菲娜, 马冬云, 等. 种植密度对两种穗型冬小麦品种干物质和氮素积累、运转及产量的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(6): 152-156.
- [11] ARDUINI I, MASONI A, ERCOLI L, et al. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate[J]. European Journal of Agronomy, 2006, 25: 309-318.
- [12] 任 巍. 水分调控对冬小麦同化物分配与水分利用率的影响研究[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(1): 14-17.
- [13] 马冬云, 郭天财, 王晨阳, 等. 施氮量对冬小麦灌浆期光合产物

- 积累、运转及分配的影响[J]. 作物学报, 2008, 34 (6): 1027-1033.
- [14] 韩金玲, 杨 晴, 张 敏, 等. 施氮方式对冬小麦品种京冬 11 籽粒灌浆特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2011, 31 (6): 1107-1110.
- [15] 刘丽平, 胡焕焕, 李瑞奇, 等. 行距配置和密度对冬小麦品种河农 822 群体质量及产量的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23 (2): 125-131.
- [16] 陆增根, 戴廷波, 姜 东, 等. 氮肥运筹对弱筋小麦群体指标与产量和品质形成的影响[J]. 作物学报, 2007, 33 (4): 590-597.
- [17] 丛新军, 吴 科, 钱兆国, 等. 超高产条件下种植密度对泰山 21 号群体动态、干物质积累和产量的影响[J]. 山东农业科学, 2004(4): 16-18.
- [18] 文卿琳, 柳伟祥. 不同灌水和施肥处理对春小麦产量的影响[J]. 农业科学研究, 2006, 27 (2): 26-29.
- [19] 赵飞雪. 水氮运筹对冬小麦群体物质生产特性和产量形成的影响[D]. 保定: 河北农业大学, 2006.
- [20] 李进永, 郭 红, 张大友, 等. 播种方式和播种量对稻茬小麦生长的综合效应[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(1): 78-80.
- [21] 陈俊义, 周焕成, 杨东平, 等. 宜兴市稻茬小麦不同播种方式效应研究[J]. 上海农业科技, 2010 (1): 60-61.
- [22] 张宪政. 作物生理研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 35-45, 150-153.
- [23] 李春燕, 封超年, 徐月明, 等. 弱筋小麦宁麦 9 号优质高产群体质量指标及形态特征[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2003, 24(4): 44-49.
- [24] 封超年, 郭文善, 严六零, 等. 地下水位对小麦产量影响的研究[J]. 江苏农学院学报, 1995, 16 (1): 39-42.
- [25] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海: 上海科技出版社, 2000.
- [26] 李国强, 汤 亮, 张文宇, 等. 施氮量对不同株型小麦品种叶型垂直分布特征的影响[J]. 作物学报, 2011, 37 (1): 127-137.
- [27] 夏 天, 吴文斌, 周清波, 等. 基于高光谱的冬小麦叶面积指数估算方法[J]. 中国农业科学, 2012, 45 (10): 2085-2092.
- [28] 司纪升, 王法宏, 李升东, 等. 不同种植方式对小麦群体质量和产量结构的影响[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(6): 136-139.
- [29] 曹 倩, 贺明荣, 代兴龙, 等. 密度、氮肥互作对小麦产量及氮素利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(4): 815-822.
- [30] 杨 宁, 赵护兵, 王朝辉, 等. 豆科作物—小麦轮作方式旱地小麦花后干物质及养分累积、转移与产量的关系[J]. 生态学报, 2012, 32(15): 4827-4835.

(责任编辑: 陈海霞)