

顾大路, 杨秀梅, 杜小凤, 等. 不同耕作方式下施用劲丰谷德对小麦抗倒伏性状与产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(20): 103-107.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.20.015

# 不同耕作方式下施用劲丰谷德对小麦 抗倒伏性状与产量的影响

顾大路<sup>1</sup>, 杨秀梅<sup>2</sup>, 杜小凤<sup>1</sup>, 李刚华<sup>3</sup>, 孙爱侠<sup>1</sup>, 钱新民<sup>1</sup>, 贾艳艳<sup>1</sup>, 文廷刚<sup>1</sup>, 李正鹏<sup>4</sup>

(1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏淮安 223001; 2. 江苏省新沂市农业农村局, 江苏新沂 221400;

3. 南京农业大学农学院, 江苏南京 210095; 4. 淮阴师范学院, 江苏淮安 223300)

**摘要:**为探究不同耕作方式下施用劲丰谷德对小麦抗倒伏能力和产量的影响, 采用随机区组试验, 研究 3 种耕作方式(免耕套播、旋耕播种和深翻旋耕播种, 分别用 A1~A3 表示)和劲丰谷德化控(设置 0、750、1 500、2 250 mL/hm<sup>2</sup> 4 个水平, 分别用 B0~B3 表示)对稻茬小麦发育的影响。结果表明, 在小麦破口期施用劲丰谷德后, 节间长度缩短, 小麦株高降低, 节间线密度和抗折力均有所增大, 以 B2 处理的抗倒伏效果最好。小麦收获后, 不同耕作模式对小麦产量的影响表现为深翻旋耕播种 > 旋耕播种 > 免耕套播, 劲丰谷德不同施用量为 B2 > B1 > B0 > B3。深翻旋耕模式下小麦破口期配施劲丰谷德, 可提高小麦抗倒伏能力和产量。

**关键词:**小麦; 劲丰谷德; 耕作方式; 抗倒伏; 产量; 植物生长调节剂

**中图分类号:** S512.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)20-0103-05

小麦是我国主要的粮食作物之一, 总播种面积维持在 0.23 亿 hm<sup>2</sup>, 占我国总播种面积的 1/4, 江苏省苏北平原是稻麦轮作制的重要地区<sup>[1]</sup>。近些年来, 小麦的增产对江苏省粮食增产的贡献率超过一半, 提高小麦产量对于稳定粮食安全具有重大意义。常年以来, 小麦粗放的播种方式和生长后期的大片倒伏一直影响小麦的高产稳产。适宜的播种方式能够保证麦苗生长前期根系发达, 生长旺盛, 保证粮食产量<sup>[2]</sup>。

苏北平原地处我国南北过渡地带, 属温带季风性气候, 降雨分布时空不均。小麦播种前期连续干旱, 根系发育不良, 生长后期持续多雨, 土壤湿度增大容易造成倒伏。生长后期, 单株穗粒数增加, 成

穗率高, 茎秆承重过大, 也会增大倒伏概率<sup>[3]</sup>。麦田倒伏后, 叶片接受不到光照, 穗部灌浆物质减少<sup>[4]</sup>。小麦发生倒伏通常造成产量损失 20%~30%, 严重时可损失一半以上<sup>[5]</sup>。增强小麦抗倒伏的方式有选用抗倒伏品种、改进栽培管理措施、苗期镇压等, 而这些措施周期长、短期见效慢<sup>[6]</sup>。植物生长调节剂是从植物中提取或人工仿照天然植物激素合成的, 在低浓度下能对植物生长发育进行控制。一些调节剂产品能够明显增强小麦抗倒伏能力, 见效快, 能弥补其他方式的不足<sup>[7]</sup>。劲丰谷德是由江苏省植物生长调节剂工程中心研制的新型农用产品, 在提高作物抗逆能力、增加粮食产量方面具有重要作用<sup>[8]</sup>。本研究在苏北平原常见的几种播种方式下, 通过施用不同剂量的劲丰谷德, 探究劲丰谷德对小麦抗倒伏能力和产量的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

供试小麦品种为郑麦 9023, 该品种于 2002 年通过江苏省农作物品种审定委员会审定, 为当地主推品种。劲丰谷德, 外观为水剂, 为江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所和江苏省植物生长调节剂工程中心共同研发产品, 淮安飞龙农业科技发展公司生产。

收稿日期: 2021-03-03

基金项目: 江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(18)1002]; 国家小麦产业技术体系建设专项(编号: CARS-3-2-13); 环洪泽湖重点实验室自主研发课题(编号: 17HZHL002); 协同创新项目(编号: HSXT2-234); 淮安市农科院科研发展基金(编号: HNY201924)。

作者简介: 顾大路(1972—), 男, 江苏新沂人, 硕士, 研究员, 主要从事作物栽培技术研究及调理剂研发。E-mail: gudalu666@aliyun.com。

通信作者: 杜小凤, 硕士, 副研究员, 主要从事作物栽培技术研究及调理剂研发。E-mail: 15061234456@163.com。

## 1.2 试验设计

试验于2019年11月在江苏省淮安市洪泽区油田农场开展,该农场生产为稻麦轮作制。小麦分3种耕作方式,分别是免耕套播(A1)、旋耕播种(A2)和深翻旋耕播种(A3)。免耕套播在水稻收割前1d进行人工撒播(2019年11月10日撒播),收割机次日开始收割镇压。旋耕播种在水稻收获后展开(2019年11月13日播种),机器耕作播种施肥一体,作业深度在3~5cm。深翻旋耕播种在水稻收获后展开(2019年11月13日播种),先用机器进行耕作犁地,作业深度为20cm,之后进行播种施肥。小麦播种量为375 kg/hm<sup>2</sup>。劲丰谷德设4个水平,0(B0)、750 mL/hm<sup>2</sup>(B1)、1 500 mL/hm<sup>2</sup>(B2)、2 250 mL/hm<sup>2</sup>(B3),其中B0为喷等量清水的对照处理。在小麦破口期时,将劲丰谷德兑水稀释至指定浓度,均匀喷施于小麦叶面。本试验采用二因素随机区组设计,每个小区面积为50 m<sup>2</sup>,重复3次。小麦基施41%长效缓释复合肥(N-P-K比为15-20-6),施用量600 kg/hm<sup>2</sup>。其他栽培管理措施同常规。

## 1.3 测定项目与方法

到小麦灌浆期,每个小区选取3个0.5 m<sup>2</sup>样点,每点从中挑取10个代表性的单株,记录小麦的

株高、节间长度,称量节间干质量,测量节间抗折力和节间线密度,其中节间位次从小麦茎秆上部开始,依次往下为倒1节~倒5节。产量计算在小麦成熟期时展开,每个小区选取3个0.5 m<sup>2</sup>样点,每点从中挑取10株,测算产量指标,包括穗长、千粒质量、穗粒数。

小麦茎秆抗折力测定采用文廷刚等的方法<sup>[9]</sup>。节间线密度表示单位长度节间干质量,线密度 $N = G/L$ ,其中 $G$ 为节间干质量(g), $L$ 为节间长度(cm)<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 劲丰谷德对小麦抗倒伏的影响

如图1所示,劲丰谷德对小麦的株高具有明显的降低作用,劲丰谷德的施用量与小麦株高之间呈负向关系,小麦株高降低幅度为1.57~5.26 cm。当施用量为1 500、2 250 mL/hm<sup>2</sup>时,株高与对照的差异达显著性水平。倒1节缩短2.12~4.00 cm,倒2节缩短1.02~1.29 cm,劲丰谷德主要通过抑制倒1节和倒2节节间长度的伸长来达到降低株高的目的。总体而言,劲丰谷德施用量越大,对各个节间的缩短作用越明显,株高也就越低。

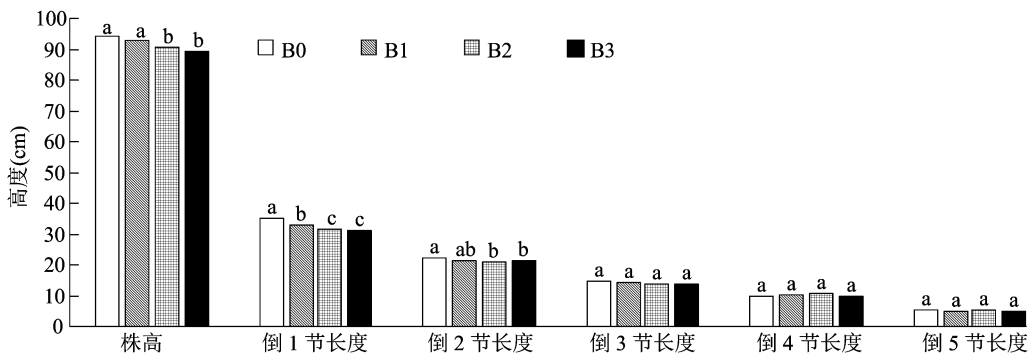


图1 劲丰谷德不同施用量对小麦株高及节间长度影响

如图2所示,小麦的干质量主要集中在茎秆上部的倒1节和倒2节。施用劲丰谷德后,倒2节~倒5节的干质量均有所提高,其中倒4节和倒5节的提升幅度最大,分别为9.72%~48.23%、8.09%~44.05%。劲丰谷德对各个节间干质量的影响呈现不同的效应。除B2外,倒1节干质量出现下降的趋势,这与节间缩短的长度有关,可以促使植株重心下移。施用劲丰谷德后,节间内容填充物增加,倒2节~倒5节的干质量均有所增加,小麦的抗倒伏能力明显提高。B2处理提高了所有节间的干质量,并

且提高的幅度最大,增幅在8.85%~48.23%。

如图3所示,劲丰谷德不同施用量对节间线密度均产生了不同程度的影响,对倒1节~倒5节线密度的影响表现为B2>B1>B3>B0。方差分析表明,在倒1节~倒5节中,B2与B0之间达到显著性差异;倒1、2、3、4、5节的线密度,B3与B1之间无显著性差异;倒3节的线密度,B2、B1、B0之间达到显著性差异。在相同施用量情况下,节间线密度随着节位的下降而增大,提高了低节位的节间充实度,小麦抗倒伏能力也就越强。

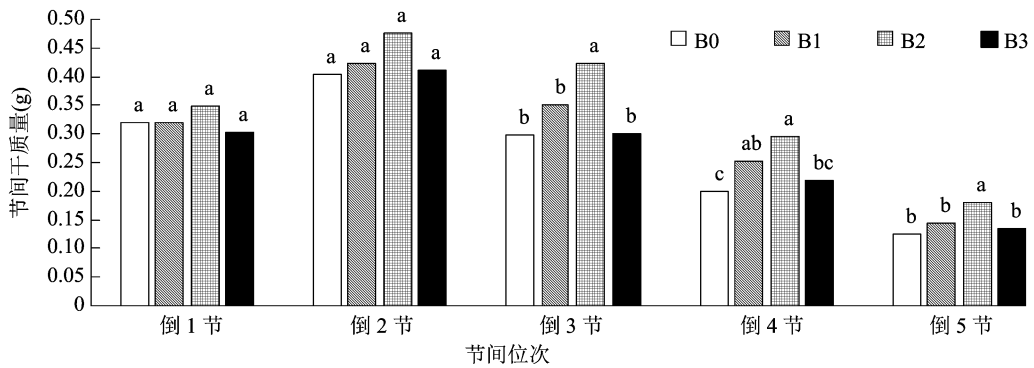


图2 劲丰谷德不同施用量对小麦节间干质量的影响

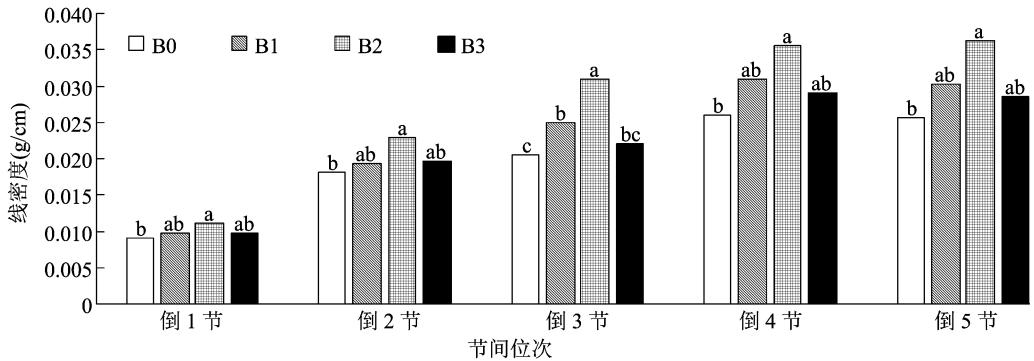


图3 劲丰谷德不同施用量对小麦节间线密度的影响

由图4可见,在小麦破口期喷施劲丰谷德整体能够提高各个节间的抗折力,但提升的幅度存在明显差异,主要提高的是倒1节和倒2节的抗折力,增幅分别为11.67%~33.77%和5.02%~25.92%。对倒1节、倒2节、倒4节和倒5节的影响表现为B2>B1>B3>B0,在倒3节时表现为B2>B1>

B0>B3,说明喷施劲丰谷德量越多,超过一定限度后会对节间抗折力出现负面影响,施用量在1500 mL/hm<sup>2</sup>表现最好,节间抗倒伏能力最强。节间抗折力与节间线密度表现出一定程度的正相关,劲丰谷德增强了小麦茎秆充实度,从而提高了小麦的抗折力。

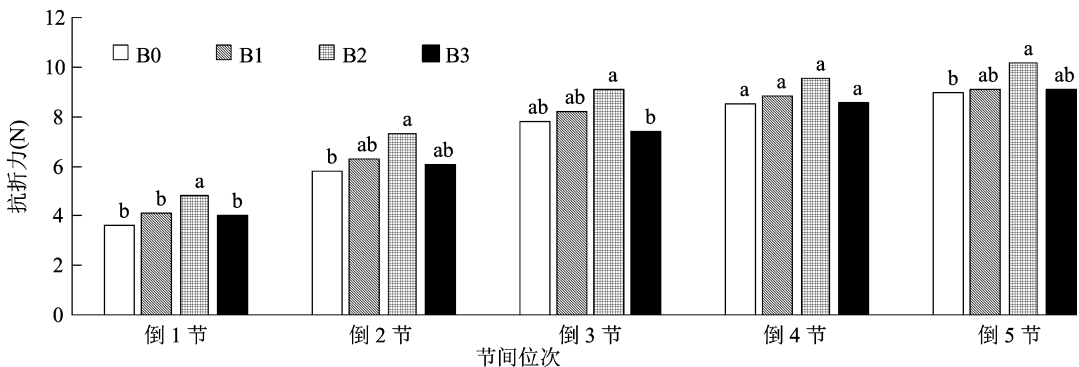


图4 劲丰谷德不同施用量对小麦节间抗折力的影响

## 2.2 播种方式对小麦产量结构的影响

由表1可知,不同播种方式下,A3和A2的穗长与A1处理的穗长存在显著差异,A2与A3处理的穗长之间未达显著差异;A3和A2的穗实粒数高于A1,但彼此之间无显著性差异。A3的产量最高,为9317.70 kg/hm<sup>2</sup>,与A1间达到差异显著水平。A1和A2之间产量相差90 kg/hm<sup>2</sup>,彼此之间无显著性

表1 不同播种方式对小麦产量性状的影响

| 播种方式 | 穗长 (cm) | 穗实粒数 (粒/穗) | 千粒质量 (g) | 产量 (kg/hm <sup>2</sup> ) |
|------|---------|------------|----------|--------------------------|
| A1   | 8.88b   | 33.26a     | 48.21a   | 9093.75b                 |
| A2   | 9.23a   | 33.72a     | 48.15a   | 9183.75ab                |
| A3   | 9.23a   | 33.68a     | 48.62a   | 9317.70a                 |

注:同列数据后不同小写字母表示在0.05水平上差异显著,下表同。

差异。

### 2.3 劲丰谷德对小麦产量性状的影响

从表 2 可以看到,施用劲丰谷德,小麦的产量性状具有不同程度的变化。B0 ~ B3 的穗长之间无显著性差异。B1 和 B2 的穗实粒数与 B0 之间达显著差异水平,B3 的穗实粒数比 B1 和 B2 少,但彼此之间无显著性差异。在千粒质量方面,B2 的最高,达到 49.85 g,与其他处理之间具有显著性差异。B3 的千粒质量最少,与 B0 之间达到显著性差异。劲丰谷德对产量的影响表现为 B2 > B1 > B0 > B3。B2 的产量为 9 745.95 kg/hm<sup>2</sup>,与其他处理之间达到显著性差异,与 B0 相比增产 895.50 kg/hm<sup>2</sup>。

表 2 劲丰谷德不同施用量对小麦产量性状的影响

| 处理 | 穗长<br>(cm) | 穗实粒数<br>(粒/穗) | 千粒质量<br>(g) | 产量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) |
|----|------------|---------------|-------------|-----------------------------|
| B0 | 9.12a      | 32.52b        | 47.78c      | 8 850.45c                   |
| B1 | 9.12a      | 34.41a        | 48.84b      | 9 537.00b                   |
| B2 | 9.11a      | 34.44a        | 49.85a      | 9 745.95a                   |
| B3 | 9.10a      | 32.82ab       | 46.83d      | 8 659.95d                   |

### 2.4 播种方式和劲丰谷德互作效应对小麦产量结构的影响

由表 3 可见,播种方式对于小麦产量的影响达到显著性水平,劲丰谷德可达极显著水平,而二者的交互效应 *P* 值为 0.688,未达到显著性水平。播种方式和劲丰谷德的耦合效应对小麦产量的提升作用还未明确表现出来。

表 3 播种方式和劲丰谷德处理下小麦产量方差分析

| 变异原因    | SS        | df | MS        | F 值    | P 值    |
|---------|-----------|----|-----------|--------|--------|
| 播种方式(A) | 1 353.65  | 2  | 676.82    | 4.903  | 0.016  |
| 劲丰谷德(B) | 33 016.99 | 3  | 11 005.66 | 79.724 | <0.001 |
| A × B   | 540.44    | 6  | 90.07     | 0.652  | 0.688  |
| 误差      | 3 313.14  | 24 | 138.05    |        |        |
| 总变异     | 38 224.21 | 35 |           |        |        |

由表 4 可见,各小区的小麦产量平均为 9 198.38 kg/hm<sup>2</sup>,不同播种方式以 A3 产量最高,平均为 9 317.70 kg/hm<sup>2</sup>,劲丰谷德不同施用量以 B2 产量最高,为 9 745.95 kg/hm<sup>2</sup>,两者互作以 A3B2 产量最高,为 9 784.50 kg/hm<sup>2</sup>。产量第 2、第 3 的为 A1B2 和 A2B2,分别为 9 738.00 kg/hm<sup>2</sup> 和 9 715.50 kg/hm<sup>2</sup>,说明劲丰谷德施用量在 1 500 mL/hm<sup>2</sup> 时产量提升作用较明显。

表 4 播种方式和劲丰谷德互作效应对小麦产量性状的影响

| 处理   | 穗长<br>(cm) | 穗实粒数<br>(粒/穗) | 千粒质量<br>(g) | 产量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) |
|------|------------|---------------|-------------|-----------------------------|
| A1B0 | 8.88a      | 32.37a        | 47.39cd     | 8 746.50bc                  |
| A1B1 | 8.89a      | 34.40a        | 48.69abc    | 9 453.00a                   |
| A1B2 | 8.87a      | 34.33a        | 50.04a      | 9 738.00a                   |
| A1B3 | 8.86a      | 31.93a        | 46.70d      | 8 437.50c                   |
| A2B0 | 9.24a      | 32.33a        | 47.81cd     | 8 823.00b                   |
| A2B1 | 9.23a      | 34.63a        | 48.15bcd    | 9 478.50a                   |
| A2B2 | 9.25a      | 35.10a        | 49.79ab     | 9 715.50a                   |
| A2B3 | 9.21a      | 32.80a        | 46.85cd     | 8 718.00bc                  |
| A3B0 | 9.20a      | 32.87a        | 48.13bcd    | 8 982.00b                   |
| A3B1 | 9.23a      | 34.20a        | 49.68ab     | 9 679.50a                   |
| A3B2 | 9.23a      | 33.90a        | 49.72ab     | 9 784.50a                   |
| A3B3 | 9.22a      | 33.73a        | 46.93cd     | 8 824.50b                   |

## 3 讨论与结论

不同的耕作方式对土壤结构、容重、通气性、透水性等物理状况具有重要的作用,小麦的生长发育状况也会进一步受到影响<sup>[11]</sup>。本研究中,在苏北平原常见的几种不同播种方式下,小麦的产量表现出不同的结果,深翻旋耕播种下产量为 9 317.70 kg/hm<sup>2</sup>,显著高于免耕播种。免耕套播模式的小麦产量少于旋耕播种和深翻旋耕播种,可能是由于免耕套播模式下,秸秆在地表形成隔离层,太阳有效辐射减少,地表温度降低,小麦有效积温较低,分蘖相对减少。旋耕播种和深翻旋耕播种无秸秆覆盖,来年返青后土壤温度升高,小麦生长发育进程加快<sup>[12]</sup>。孔凡磊等在华北小麦—玉米两熟区探究了不同耕作模式对冬小麦发育的影响,发现相比于翻耕和旋耕模式,免耕使得小麦生育进程变缓,冬前小麦单株分蘖能力下降,影响后期有效分蘖,容易导致小麦减产<sup>[13]</sup>。免耕条件下杂草较多,影响小麦出苗和发育,降低了小麦有效穗数<sup>[14]</sup>。土壤经过深翻,质地变得松软,容重降低,透气性和保水性提升,有利于小麦须根系纵深分布,加速对土壤中有效营养物质的吸收,为生长后期提供充足的养分积累,进而提高产量<sup>[15-16]</sup>。本试验条件下,免耕套播虽比旋耕播种产量少,但无显著差异;深翻旋耕播种的产量显著高于免耕套播,增加量为 223.95 kg/hm<sup>2</sup>。在水稻迟收又遇阴雨天气情况下,免耕套播可作为一种应急播种方式。在以后的研究中,可以适当将免耕套播的播期提前,进一步探

索其影响。

国内外研究表明,植株的抗倒伏能力与重心高度、茎粗、节间干物质量、茎秆抗折力密切相关,而降低株高是最为有效的措施<sup>[17-18]</sup>。小麦施用劲丰谷德后,茎秆上部变短,重心高度降低,节间秆壁厚度和充实度增加,抗折力明显提升,小麦在田间发生倒伏的概率下降。徐磊等研究认为,基部第 2 节间的抗折能力可作为抗倒伏评价指标<sup>[19]</sup>。李振丽等研究发现,小麦基部第 1 节和第 2 节间线密度和抗倒伏能力显著相关<sup>[3]</sup>。魏凤珍等通过小麦的田间试验研究得到茎秆抗倒能力与基部第 2 节间抗折力、填充密度等显著相关<sup>[20]</sup>。刘慧婷等则认为提高小麦植株的抗倒伏能力重点是从基部第 1 节间入手,增强健壮程度<sup>[5]</sup>。喷施多效唑后,基部第 1 节和第 2 节间的节间长度、单位节间干质量、茎粗和抗倒伏能力的增幅均大于其他节间<sup>[21]</sup>。本研究中,在小麦抽穗时节喷施劲丰谷德,倒 1 节和倒 2 节的节间长度、线密度以及抗折力的变化直接改变茎秆性状,而基部第 1 节和第 2 节没有明显变化。杨文飞等指出,劲丰谷德抗倒伏途径不同于其他调节剂,多效唑是通过缩短基部节间长度和增加基部茎粗和壁厚实现抗倒的,而劲丰谷德是通过降低茎秆上部高度,提高抗折能力,进而实现抗倒伏<sup>[22]</sup>。本试验表明,劲丰谷德不同施用量间,对抗倒伏和产量的影响表现为 B2 > B1 > B3,劲丰谷德施用量在 1 500 mL/hm<sup>2</sup> 时,抗倒能力和产量表现最优,产量为 9 745.95 kg/hm<sup>2</sup>,比对照增产 895.50 kg/hm<sup>2</sup>。在后期的研究中可以进一步研究在不同的土壤类型下的施用效果。

#### 参考文献:

- [1] 刘红江,郭智,孙国峰,等. 不同播种方式对小麦产量形成及氮素利用效率的影响[J]. 江苏农业学报,2019,35(5):1075-1081.
- [2] 杨新田,吴玲玲,杜永娜,等. 不同播种方式对强筋小麦新麦 26 农艺性状和产量的影响[J]. 安徽农业科学,2020,48(15):45-47.
- [3] 李振丽,程瑞婷,李瑞奇,等. 行距配置和化控对冬小麦茎秆质量和抗倒性能的影响[J]. 麦类作物学报,2013,33(3):507-513.
- [4] 邵庆勤,万成,李晓庆,等. 取样后处理措施对小麦抗倒伏性状测定结果的影响[J]. 南京农业大学学报,2019,42(4):632-

- 640.
- [5] 刘慧婷,李瑞奇,王红光,等. 密度和施氮量对强筋小麦藨优 2018 产量和抗倒性的影响[J]. 麦类作物学报,2017,37(12):1619-1626.
- [6] 杨文飞,文廷刚,孙爱侠,等. 新型增产抗倒营养剂“劲丰谷德”对小麦抗倒性和产量的影响[J]. 金陵科技学院学报,2019,35(1):65-68.
- [7] 王慧,张明伟,雷晓伟,等. 植物生长调节剂拌种对扬麦 13 茎秆生长及籽粒产量的影响[J]. 麦类作物学报,2016,36(2):206-214.
- [8] 朱云林,杨文飞,顾大路,等. 劲丰谷德对淮稻 18 的抗倒伏性和产量的影响[J]. 金陵科技学院学报,2018,34(3):64-67.
- [9] 文廷刚,王伟中,杨文飞,等. 水稻茎秆形态特征与抗倒伏能力对外源植物生长调节剂的响应差异[J]. 南方农业学报,2020,51(1):48-55.
- [10] 顾大路,杜小凤,杨文飞,等. 不同播种方式对稻茬晚播小麦生长及产量的影响[J]. 江西农业学报,2020,32(8):16-22.
- [11] Malicki L, Nowicki J, Szejkowski Z. Soil and crop responses to soil tillage systems: a polish perspective[J]. Soil and Tillage Research, 1997,43(1/2):65-80.
- [12] 江晓东,迟淑筠,李增嘉,等. 少免耕模式对冬小麦花后旗叶衰老和产量的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(4):55-58.
- [13] 孔凡磊,袁继超,张海林,等. 耕作方式对华北两熟区冬小麦生长发育和产量的影响[J]. 作物学报,2013,39(9):1612-1618.
- [14] 王祥菊,周炜,王子臣,等. 土壤耕作与秸秆还田对小麦产量及麦季温室气体排放的影响[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2016,37(3):101-106.
- [15] 张瑞富,杨恒山,高聚林,等. 深松对春玉米根系形态特征和生理特性的影响[J]. 农业工程学报,2015,31(5):78-84.
- [16] 王永华,刘焕,辛明华,等. 耕作方式与灌溉次数对砂姜黑土冬小麦水分利用及籽粒产量的影响[J]. 中国农业科学,2019,52(5):801-812.
- [17] 朱新开,王祥菊,郭凯泉,等. 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.
- [18] Zahour A, Rasmusson D C, Gallagher L W. Effect of semidwarf stature, head number, and kernel number on grain yield in barley in Morocco[J]. Crop Science, 1987,27(2):161-165.
- [19] 徐磊,王大伟,时荣盛,等. 小麦基部节间茎秆密度与抗倒性关系的研究[J]. 麦类作物学报,2009,29(4):673-679.
- [20] 魏凤珍,李金才,王成雨,等. 氮肥运筹模式对小麦茎秆抗倒性能的影响[J]. 作物学报,2008,34(6):1080-1085.
- [21] 聂萌恩,柳青山,白文斌,等. 喷施多效唑对谷子农艺性状及抗倒伏力的影响[J]. 中国农学通报,2019,35(33):35-41.
- [22] 杨文飞,许美刚,贾艳艳,等. 劲丰谷德与多效唑对水稻抗倒及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):88-90.