

# Study on Suitable Seeding Rate of Wheat Planted in the Harvested Rice Fields under Extreme Climate Condition in Hubei Province

Juan Zou<sup>1,2</sup>, Chunbao Gao<sup>1,2\*</sup>, Xiangcheng Li<sup>1</sup>, Peng Wang<sup>3</sup>, Yongping Zhao<sup>3</sup>, Shuangyi Yan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Food Crops, Hubei Academy of Agricultural Sciences/Wheat Disease Biology Research Station on Central China, Ministry of Agriculture/Hubei Engineering and Technology Research Center of Wheat, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Hubei Collaborative Innovation Center for Grain Industry, Jingzhou Hubei

<sup>3</sup>Agricultural Technology Extension Center of Zaoyang, Zaoyang Hubei

<sup>4</sup>Agriculture Technology Extension Center of Zengdu, Suizhou Hubei

Email: zoujuan1010@163.com, \*gcbgybwj@163.com

Received: Dec. 8<sup>th</sup>, 2018; accepted: Dec. 20<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 27<sup>th</sup>, 2018

## Abstract

Field experiments were conducted from 2017 to 2018 under extreme climate condition in Hubei Province. The objective of the research was to investigate the effects of seeding rate on grain yield, yield components and wheat scab. The results showed that in the range of 5~25 kg/667m<sup>2</sup>, basic seedling, total tillers and the highest tillers were positive correlated with the seeding rate. There were first increasing and then decreasing trends of effective spikes, and decreasing trends of grains numbers per spike and 1000-grain weight with increasing seeding rate, but the decline in 1000-grain weight was less than grains numbers per spike. The disease severity of wheat scab was positive correlated with the seeding rate. Under the experimental condition, the optimum seeding rate for wheat planted in the harvested rice fields was 15.3~18.8 kg/667m<sup>2</sup>, and high yield could be obtained with 325.2 kg/667m<sup>2</sup>~364.8 kg/667m<sup>2</sup>.

## Keywords

Wheat Planted in the Harvested Rice Fields, Extreme Climate, Seeding Rate, Yield

# 极端气候条件下湖北稻茬小麦适宜播量研究

邹娟<sup>1,2</sup>, 高春保<sup>1,2\*</sup>, 李想成<sup>1</sup>, 王鹏<sup>3</sup>, 赵永平<sup>3</sup>, 严双义<sup>4</sup>

\*通讯作者。

<sup>1</sup>湖北省农业科学院粮食作物研究所/农业部华中地区小麦病害生物学科学观测实验站/湖北省小麦工程技术研究中心, 湖北 武汉

<sup>2</sup>主要粮食作物产业化湖北省协同创新中心, 湖北 荆州

<sup>3</sup>枣阳市农业技术推广中心, 湖北 枣阳

<sup>4</sup>随州市曾都区农业技术推广中心, 湖北 随州

Email: zoujuan1010@163.com, gcbgybwj@163.com

收稿日期: 2018年12月8日; 录用日期: 2018年12月20日; 发布日期: 2018年12月27日

## 摘要

在2017~2018年度极端气候条件下, 采用田间试验研究了播量对湖北稻茬小麦产量、产量性状及赤霉病发生情况的影响。结果表明: 在播量5~25 kg/667m<sup>2</sup>范围内, 随播量的增加小麦基本苗、冬至苗及最高苗呈现增加趋势, 有效穗先增加后下降, 穗粒数和千粒重呈递减趋势, 但千粒重下降幅度小于穗粒数下降幅度; 小麦赤霉病病穗率和病指随播量的增加而增加; 试验条件下, 稻茬小麦最佳播量在15.3 kg/667m<sup>2</sup>~18.8 kg/667m<sup>2</sup>之间, 可获得的最高产量在325.2 kg/667m<sup>2</sup>~364.8 kg/667m<sup>2</sup>之间。

## 关键词

稻茬小麦, 极端气候, 播量, 产量

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2017~2018年小麦生长季湖北省主产区出现极端天气, 一方面, 秋播前期遭遇持续降雨天气, 造成部分稻田渍水、旱地土壤过湿粘重, 导致小麦播种地块腾茬慢、整地困难且质量不高, 播种难度较大、播期推迟; 另一方面, 播种后长期无有效降雨, 造成苗情干旱, 小麦生育缓慢, 分蘖少。冬小麦高产栽培措施, 关键是创建合理群体结构, 有效利用地力和光能[1] [2] [3]。研究表明, 适宜的播期和播量是构建小麦高质量群体、改善生态环境、促进物质积累、提高产量的重要因子[4] [5]。在相同的密肥调控措施下, 随播期推迟, 小麦产量下降[6] [7] [8]; 在一定播期范围内, 增大播量可通过增加成熟期总茎数来补偿迟播对产量形成的不利影响[9] [10]。本研究于2017~2018年度在湖北省稻茬小麦主产区设置播量试验, 探讨特殊灾害性气候条件下播量对稻茬小麦群体性状、产量及产量构成的影响, 以期为极端气候条件下湖北小麦高产栽培提供理论依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 试验材料

试验地点位于湖北省随州市曾都区何店镇三岔湖村、襄阳市枣阳市南城办事处后湖村、武汉市洪山区马湖村, 前茬作物为水稻, 各试验田基础土壤养分状况及全生育期肥料用量列于表1, 3个试验点小麦于2017年11月9日人工条播, 武汉点2018年5月17日收获, 曾都及枣阳点2018年5月24日收获。

**Table 1.** Soil fertility status before sowing and fertilizer rate in experiment sites**表 1.** 各试验点基础土壤养分状况及肥料用量

| 地点 | 北纬        | 东经         | 前茬作物<br>产量水平<br>kg/667m <sup>2</sup> | pH   | 有机质<br>g/kg | 全氮<br>g/kg | 有效磷<br>mg/kg | 速效钾<br>mg/kg | 肥料用量 kg/667m <sup>2</sup> |                               |                  |
|----|-----------|------------|--------------------------------------|------|-------------|------------|--------------|--------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|
|    |           |            |                                      |      |             |            |              |              | N                         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 随州 | 31°31'23" | 113°21'36" | 680                                  | 7.60 | 20.32       | 2.22       | 16.09        | 95.67        | 12.4                      | 6.4                           | 6.4              |
| 枣阳 | 31°59'41" | 112°42'14" | 650                                  | 6.67 | 20.08       | 1.75       | 24.28        | 106.7        | 13.5                      | 5.0                           | 5.4              |
| 武汉 | 30°29'3"  | 114°18'46" | 650                                  | 8.17 | 40.91       | 3.23       | 20.92        | 156.36       | 12.0                      | 6.0                           | 5.0              |

## 2.2. 试验设计

设置 5 个播量处理, 分别为 5 kg/667m<sup>2</sup>、10 kg/667m<sup>2</sup>、15 kg/667m<sup>2</sup>、20 kg/667m<sup>2</sup> 和 25 kg/667m<sup>2</sup> (种子发芽率 90%), 小区 3 次重复, 田间随机排列, 小区面积 20 m<sup>2</sup>, 小区宽度 2.5~3.0 m 之间, 行距 20~25 cm。人工条播。试验四周设保护行。

除病害不防治外, 其他农事操作同当地常规。

## 2.3. 调查测定项目

### 2.3.1. 分蘖动态

基本苗: 3 叶期前每个小区定点调查基本苗数, 同一处理(播种量)的各个小区的基本苗数差异控制在 1~2 万/667m<sup>2</sup>。如个别小区超过同一处理平均基本苗 2 万/667m<sup>2</sup> 以上, 及时疏苗; 低于同一处理平均基本苗 2 万/667m<sup>2</sup> 以上, 及时补苗或补种。

分蘖动态: 每个小区内定点调查 1 米长双行总茎蘖数, 包括冬至苗、最高苗和有效穗。

### 2.3.2. 赤霉病调查

于乳熟期调查, 记载病穗率和严重度。参照 NY/T1301-2007 进行赤霉病严重度级别划分标准观察记载: 1 级: 无病穗; 2 级: ≤1/4 小穗发病; 3 级: 1/4~1/2 小穗发病; 4 级: 1/2~3/4 小穗发病; 5 级: 3/4 以上小穗发病[11]。

病穗率 = 调查病穗数/调查总穗数 × 100%。

病情指数 =  $\sum(\text{各级病穗数} \times \text{相应级数}) / (\text{调查穗数} \times 5) \times 100\%$ 。

### 2.3.3. 计产

小麦收获前, 调查产量穗数、每穗粒数及千粒重, 小麦产量以各小区实收计量(风干重, 含水量按 13% 计算)。

## 2.4. 数据处理

采用 Excel 2010 建立数据库、图形绘制和统计分析。

## 3. 结果分析

### 3.1. 小麦生育期内气象条件分析

从湖北全省范围看, 2017~2018 年度小麦生育期整体表现为苗期干旱, 越冬期低温, 拔节孕穗期低温阴雨寡照, 抽穗扬花及收获期长期阴雨, 造成小麦生育缓慢, 分蘖少, 有效穗低, 赤霉病重, 灌浆慢, 千粒重低, 穗发芽严重, 品质差。

以枣阳点为例, 对 2017~2018 年度小麦生育期内气象条件进行分析(表 2), 2017 年 10 月至 2018 年 5 月, 降雨总量达到 615.2 mm, 是 2009 年~2015 年同期降雨量的两倍。小麦适宜播期(10 月中下旬)遇持续

阴雨,造成播种期推迟至11月上旬至中旬,播种期的推迟加之播种后11月中下旬至12月底无有效降雨,导致麦苗长势较弱,分蘖少,相同播量水平时,基本苗、冬至苗较常年少;2018年4月上旬低温造成小麦抽穗期推迟2~3天;4月11~13日扬花期遇低温阴雨天气,扬花中断,穗粒数受到影响;4月20~26日的阴雨导致赤霉病爆发,减产;5月中下旬持续阴雨,小麦不能及时收获,造成小麦穗发芽,对小麦产量、品质影响较大。

**Table 2.** Meteorological data during wheat growth in 2009~2018  
**表 2.** 2009~2018 年度小麦生长期气象数据记载及与历年比较

| 项目       | 年份         | 10月   | 11月   | 12月   | 1月    | 2月    | 3月    | 4月    | 5月    | 合计     |
|----------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 月均气温(°C) | 2017~2018年 | 16.1  | 12.0  | 6.6   | 1.3   | 6.0   | 13.3  | 18.6  | 22.7  | 96.6   |
|          | 2009~2015年 | 18.4  | 10.6  | 5.1   | 3.3   | 5.4   | 11.3  | 17.0  | 22.3  | 93.4   |
| 降雨量(mm)  | 2017~2018年 | 228.0 | 21.0  | 0.3   | 67.3  | 25.4  | 72.2  | 84.9  | 116.1 | 615.2  |
|          | 2009~2015年 | 36.1  | 44.7  | 7.1   | 9.4   | 25.1  | 25.6  | 66.4  | 92.7  | 307.1  |
| 日照时数(h)  | 2017~2018年 | 62.6  | 109.9 | 134.6 | 100.7 | 105.2 | 132.4 | 184.5 | 125.6 | 955.5  |
|          | 2009~2015年 | 136.8 | 110.0 | 129.7 | 88.2  | 72.2  | 145.6 | 171.8 | 164.0 | 1018.3 |

### 3.2. 播量对稻茬小麦茎蘖动态的影响

由表3可知,3个试验点基本苗、冬至苗及最高苗随播量的增加呈现增加趋势,均在播量25 kg/667m<sup>2</sup>时最大。随州试验点的有效穗数在播量为20 kg/667m<sup>2</sup>及25 kg/667m<sup>2</sup>时较高,分别是33.4万/667m<sup>2</sup>和33.6万/667m<sup>2</sup>,枣阳及武汉试验点的有效穗数则在播量为15 kg/667m<sup>2</sup>时达到最高,分别是27.3万/667m<sup>2</sup>和31.4万/667m<sup>2</sup>。从平均水平看,5个播量下每667m<sup>2</sup>有效穗数分别为19.5、27.1、30.5、30.3和29.9万。进一步分析成穗率,表明随播量的增加成穗率呈下降趋势。

**Table 3.** Effect of seeding rate on tiller dynamics and yield components of wheat planted in the harvested rice fields  
**表 3.** 不同播量对稻茬小麦茎蘖动态及产量构成的影响

| 地点 | 播种量<br>(kg/667m <sup>2</sup> ) | 基本苗<br>(万/667m <sup>2</sup> ) | 冬至苗<br>(万/667m <sup>2</sup> ) | 最高苗<br>(万/667m <sup>2</sup> ) | 有效穗<br>(万/667m <sup>2</sup> ) | 成穗率<br>(%) | 穗粒数  | 千粒重<br>(g) |
|----|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|------|------------|
| 随州 | 5                              | 7.7                           | 23.2                          | 53.1                          | 26.7                          | 50.3       | 34.4 | 39.2       |
|    | 10                             | 11.1                          | 34.0                          | 65.4                          | 30.3                          | 46.3       | 32.7 | 39.6       |
|    | 15                             | 14.6                          | 40.7                          | 75.1                          | 32.7                          | 43.5       | 33.5 | 39.0       |
|    | 20                             | 17.1                          | 44.7                          | 78.3                          | 33.4                          | 42.7       | 32.7 | 37.9       |
|    | 25                             | 24.2                          | 45.9                          | 83.0                          | 33.6                          | 40.5       | 30.2 | 37.8       |
| 枣阳 | 5                              | 7.2                           | 7.7                           | 21.1                          | 12.7                          | 60.2       | 38.1 | 40.3       |
|    | 10                             | 13.6                          | 15.1                          | 37.3                          | 22.3                          | 59.8       | 37.8 | 40.4       |
|    | 15                             | 15.5                          | 17.0                          | 47.0                          | 27.3                          | 58.1       | 37.2 | 40.8       |
|    | 20                             | 19.5                          | 22.0                          | 49.9                          | 27.0                          | 54.1       | 36.7 | 40.5       |
|    | 25                             | 23.4                          | 26.1                          | 61.0                          | 26.4                          | 43.3       | 36.5 | 40.1       |
| 武汉 | 5                              | 8.8                           | 11.6                          | 33.6                          | 19.2                          | 57.1       | 35.4 | 39.0       |
|    | 10                             | 13.6                          | 16.0                          | 50.5                          | 28.8                          | 57.0       | 32.0 | 38.5       |
|    | 15                             | 17.6                          | 25.0                          | 55.5                          | 31.4                          | 56.6       | 30.3 | 38.6       |
|    | 20                             | 20.5                          | 32.5                          | 66.3                          | 30.6                          | 46.2       | 30.0 | 38.3       |
|    | 25                             | 24.0                          | 37.3                          | 70.3                          | 29.7                          | 42.2       | 29.8 | 38.3       |

Continued

|    |    |      |      |      |      |      |      |      |
|----|----|------|------|------|------|------|------|------|
|    | 5  | 7.9  | 14.2 | 35.9 | 19.5 | 54.4 | 36.0 | 39.5 |
|    | 10 | 12.8 | 21.7 | 51.1 | 27.1 | 53.1 | 34.2 | 39.5 |
| 平均 | 15 | 15.9 | 27.6 | 59.2 | 30.5 | 51.5 | 33.7 | 39.5 |
|    | 20 | 19.0 | 33.1 | 64.8 | 30.3 | 46.8 | 33.1 | 38.9 |
|    | 25 | 23.9 | 36.4 | 71.4 | 29.9 | 41.9 | 32.2 | 38.7 |

### 3.3. 播量对稻茬小麦产量的影响

从平均水平看,在播量 5~25 kg/667m<sup>2</sup> 范围内,随播量的增加,有效穗呈先增加后下降的趋势,穗粒数和千粒重随播量的增加呈递减趋势,但千粒重下降幅度小于穗粒数下降幅度(表 3)。

各试验点不同播量的小麦产量见表 4,表明稻茬小麦产量随播量的增加呈先增加后降低的趋势,随州、武汉点小麦产量以播量 15 kg/667m<sup>2</sup> 时最高,分别是 362.8 kg/667m<sup>2</sup> 和 325.9 kg/667m<sup>2</sup>,枣阳点小麦产量以播量 20 kg/667m<sup>2</sup> 时最高,为 356.9 kg/667m<sup>2</sup>;平均产量在播量为 15 kg/667m<sup>2</sup> 时最高,为 346.7 kg/667m<sup>2</sup>。

Table 4. Effect of seeding rate on yield of wheat planted in the harvested rice fields

表 4. 稻茬小麦产量与播量之间的关系

| 地点 | 小麦产量(kg/667m <sup>2</sup> ) |       |       |       |       | 拟合方程                             | R <sup>2</sup> | 最佳播量<br>kg/667m <sup>2</sup> | 最高产量<br>kg/667m <sup>2</sup> |
|----|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
|    | 5                           | 10    | 15    | 20    | 25    |                                  |                |                              |                              |
| 随州 | 299.2                       | 329.8 | 362.8 | 322.4 | 309.9 | $y = -0.456x^2 + 13.97x + 240.7$ | 0.781          | 15.3                         | 347.7                        |
| 枣阳 | 151.0                       | 306.0 | 335.5 | 356.9 | 329.7 | $y = -1.064x^2 + 40.10x - 13.0$  | 0.965          | 18.8                         | 364.8                        |
| 武汉 | 232.3                       | 301.1 | 325.9 | 308.2 | 303.1 | $y = -0.543x^2 + 19.26x + 154.4$ | 0.930          | 17.7                         | 325.2                        |
| 平均 | 240.9                       | 328.4 | 346.7 | 343.5 | 322.5 | $y = -0.510x^2 + 18.54x + 171.2$ | 0.962          | 17.3                         | 345.9                        |

用二次方程拟合产量与播量之间的关系,计算出稻茬小麦最佳播量在 15.3 kg/667m<sup>2</sup>~18.8 kg/667m<sup>2</sup> 之间,可获得最高产量在 325.2 kg/667m<sup>2</sup>~364.8 kg/667m<sup>2</sup> 之间,从平均水平看,稻茬小麦产量与播量的模拟方程为  $y = -0.510x^2 + 18.54x + 171.2$  ( $R^2 = 0.962$ ) (图 1),根据方程可以得出在试验生产条件下,稻茬小麦最佳播量为 17.6 kg/667m<sup>2</sup>,最高产量为 355.0 kg/667m<sup>2</sup>。

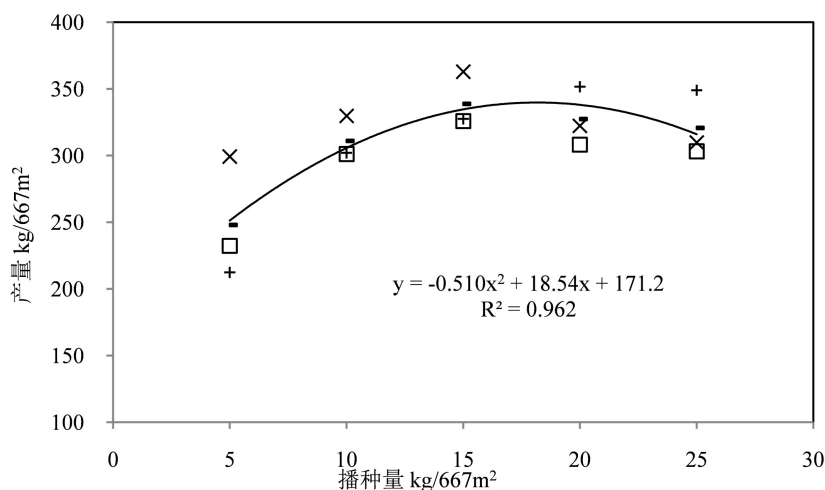


Figure 1. Relationship of seeding rate and yield of wheat planted in the harvested rice fields

图 1. 稻茬小麦产量与播量的关系

### 3.4. 播量对稻茬小麦赤霉病的影响

于乳熟期调查各处理小麦赤霉病及纹枯病发生情况(表 5), 可知小麦赤霉病病穗率和病情指数均随播量的增加呈增加趋势。

**Table 5.** Effect of seeding rate on the disease severity of wheat scab

**表 5.** 播量对稻茬小麦赤霉病发病率的影响

| 地点 | 病穗率% |      |      |      |      | 病情指数 |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    | 5    | 10   | 15   | 20   | 25   | 5    | 10   | 15   | 20   | 25   |
| 随州 | 20.0 | 32.0 | 30.5 | 42.0 | 54.5 | 9.0  | 12.5 | 15.5 | 24.5 | 27.5 |
| 枣阳 | 16.1 | 25.2 | 28.3 | 38.5 | 51.2 | 11.2 | 17.3 | 21.5 | 28.3 | 39.6 |
| 武汉 | 14.0 | 16.0 | 34.0 | 46.0 | 50.0 | 5.5  | 8.5  | 13.0 | 17.5 | 19.0 |

## 4. 小结

- 1) 播量在 5~25 kg/667m<sup>2</sup> 范围内, 小麦基本苗、冬至苗及最高苗随播量的增加呈现增加趋势。
- 2) 随播量的增加, 有效穗呈先增加后下降的趋势, 有效穗数以播量 15 kg/667m<sup>2</sup> 或 20 kg/667m<sup>2</sup> 时最高; 成穗率随播量的增加呈下降趋势。穗粒数和千粒重随播量增加呈递减趋势, 但千粒重下降幅度小于穗粒数下降幅度。
- 3) 用二次方程拟合产量与播量之间的关系, 计算出稻茬小麦最佳播量在 15.3 kg/667m<sup>2</sup>~18.8 kg/667m<sup>2</sup> 之间, 可获得的最高产量在 325.2 kg/667m<sup>2</sup>~364.8 kg/667m<sup>2</sup> 之间。
- 4) 小麦赤霉病病穗率和病指随播量的增加而增加。
- 5) 试验年度小麦播种期前后遇特殊灾害性气候, 导致整地播种质量不高, 播期推迟, 小麦田间出苗率偏低、冬前生长量小等; 小麦中后期长期阴雨, 导致赤霉病和穗发芽严重发生, 对小麦产量和品质影响很大。因此本试验结果可为极端气候条件下湖北小麦生产提供参考。与正常年份实际情况相比, 试验结果有待进一步验证。

## 基金项目

国家重点研发计划“小麦优质高产品种筛选及其配套栽培技术”(2016YFD0300405); 国家现代农业产业技术体系建设专项“小麦产业技术体系”(CARS-3); 湖北省农业科学院青年科学基金项目(2015NKYJJ23)。

## 参考文献

- [1] 余松烈. 中国小麦栽培理论与实践[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [2] 王娟玲, 贾少敏, 张睿. 关中东部渭河灌区不同播期播量对农大 1108 小麦光合特性及产量的影响, 氮肥运筹对太湖麦区弱筋小麦宁麦号产量与品质的影响[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2018, 21(4): 88-93, 98.
- [3] 李宁, 段留生, 李建民, 等. 播期与密度组合对不同穗型小麦品种花后旗叶光合特性、籽粒库容能力及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(2): 296-302.
- [4] Gooding, M.J., Pinyosinwat, A. and Ellis, R.H. (2002) Response of Wheat Grain Yield and Quality to Seed Rate. *Journal of Agricultural Science*, **138**, 317-331. <https://doi.org/10.1017/S0021859602002137>
- [5] 刘萍, 魏建军, 张东升, 等. 播期和播量对滴灌冬小麦群体性状及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2013, 33(6): 1202-1207.
- [6] 董静, 李梅芳, 许甫超, 等. 播期和密度对小麦新品种鄂麦 596 群体性状及产量的影响[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(7): 1565-1566.
- [7] 蔡东明, 吉万全, 任志龙, 等. 播种期和种植密度对小麦新品种陕麦 139 产量构成的影响[J]. 种子, 2010, 29(8):

78-79.

- [8] 刘万代, 陈现勇, 尹钧, 等. 播期和密度对冬小麦豫麦 49-198 群体性状和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(3): 464-469.
- [9] 田文仲, 温红霞, 高海涛, 等. 不同播期、密度及其互作对小麦产量的影响[J]. 河南农业科学, 2011, 40(2): 45-49.
- [10] 李新强, 高阳, 黄玲, 等. 播期和播量对冬小麦产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(2): 17-20.
- [11] 中华人民共和国农业部. 中华人民共和国农业行业标准: 农作物品种(小麦)区域试验技术规程(NY/T 1301-2007) [S], 2007.

#### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2164-5507, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [hjas@hanspub.org](mailto:hjas@hanspub.org)