

# 种植密度对西农511生长发育及产量品质的影响

苏丹, 马晓红, 龙小惠

西安市临潼区农技推广服务中心, 陕西 西安

收稿日期: 2023年4月17日; 录用日期: 2023年5月17日; 发布日期: 2023年5月24日

## 摘要

本试验以优质抗病强劲小麦西农511为试验材料, 在大田条件下设置6个密度梯度(8万株/亩、12万株/亩、16万株/亩、20万株/亩、24万株/亩、28万株/亩), 研究探讨不同种植密度对其生长发育、产量水平和主要品质的影响, 丰富西农511的优化栽培技术, 为该品种在该区域的高效栽培和大力推广提供理论依据。

## 关键词

小麦, 种植密度, 产量, 品质

# Effects of Planting Density on Growth, Yield and Quality of Xinong 511

Dan Su, Xiaohong Ma, Xiaohui Long

Agricultural Technology Promotion and Service Centre of Lintong District, Xi'an Shaanxi

Received: Apr. 17<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2023; published: May 24<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

In this experiment, high quality and strong disease resistance wheat Xinong 511 was used as test material, and six density gradients (80,000 plants/mu, 120,000 plants/mu, 160,000 plants/mu, 200,000 plants/mu, 240,000 plants/mu and 280,000 plants/mu) were set under field conditions to investigate the effects of different planting densities on the growth, yield level and main quality of Xinong 511 wheat. It enriches the optimal cultivation technology of Xinong 511, and provides theoretical basis for the efficient cultivation and popularization of this variety in this region.

## Keywords

### Wheat, Planting Density, Yield, Quality

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 引言

临潼区位于陕西关中平原中部,是西安的东大门,总面积 915 平方公里,全区耕地面积 72 万亩,辖 23 个街办,226 个行政村。现有人口 70 多万,其中农业人口 60.2 万,属于传统的农业大区,是省市区最重要的“粮仓”之一。全区常年粮食种植面积稳定在 100 万亩左右,产量 36 万吨以上,其中渭河以北 9 个街办,地势平坦,耕地肥沃,集中连片,灌溉优越,为小麦等粮食作物主产区和丰产区,是西安市的粮食主产大区。近几年,临潼大力开展粮食绿色高质高效行动,提升粮食单产和品质,保障粮食安全,坚持农业绿色发展理念,以提质增效为引领,以增加农民收入为目标。持续巩固提升粮食综合生产能力,示范带动全区粮食产业转型升级和可持续发展。西农 511 作为我区小麦绿色高质高效行动主推强劲小麦品种,且具有抗逆性抗病性强、产量高等特征,符合大面积推广种植,因此为了加强小麦高产配套栽培技术研究,提高小麦绿色高质高效行动创建活动的质量和水平,进一步丰富和完善临潼区小麦绿色高质高效栽培技术。在平衡施肥的基础上,采用随机区组设计,研究主推品种西农 511 不同密度对其生长发育、产量、品种的影响,总结出一套绿色高效高产的栽培模式,进一步促进临潼农业高质量发展。

西农 511 属于半冬性小麦品种,全生育期 233 天,幼苗匍匐,分蘖力强,株型稍松散,茎秆弹性较好,抗倒性好,旗叶宽大、平展,叶色浓绿,穗层整齐,熟相好,穗纺锤形,短芒、白壳,籽粒角质,饱满度较好。2015 年 9 月参加国家小麦新品种黄淮南片区域试验,平均亩产 533.1 公斤。由于综合抗病性突出,又是优质强筋,所以提前一年进入生产试验。2017 年农业部质量监督检验测试中心分析:容重 820 克/升,蛋白质含量 14.68%,沉降值 43.5 毫升,湿面筋 32.2%,稳定时间 13.6 分钟,主要品质指标达到国家强筋标准。在栽培理论研究上,张荣琦等[1]研究表明,西农 511 适宜在黄淮冬麦区南片的河南省、安徽省沿淮及淮北地区、江苏省淮北地区、陕西省关中地区高中水肥地块早中茬种植,在赤霉病、条锈病、纹枯病等病害发生较重的区域更能发挥其优势。适宜播期 10 月上中旬,适宜基本苗 180 万~300 万·hm<sup>-2</sup>。李新军等[2]在关中东部灌区密度配置试验表明,在播种期相同的情况下,西农 511 以播种时基本苗控制在 240 万株/hm<sup>2</sup>时表现最佳。王志成等[3]试验研究表明,播期和播量对小麦群体及其生长发育有显著影响,而种植密度对其主要品种的影响,国内外鲜有报道。

种植密度作为重要栽培技术措施,它通过调节作物生长,对作物群体结构以及产量和品质的形成有重要的作用[4]。并且合理的种植密度能够有效调节个体和群体之间的矛盾,促进穗数、每穗粒数和千粒重的协调发展[5]。同时,优良品种仍需要配合适宜的栽培技术与管理方法,只有通过良种配良法良技,才能达到稳产高产的目的[6]。因此,合理的种植密度是提高粮食单产水平、保障粮食丰收的一项重要技术措施。高产优质是小麦生产一直以来的目标,影响小麦产量和品质因素众多,如品种的遗传特性、生态环境、栽培技术和自然灾害等[7]。在各种栽培措施中,种植密度是小麦获得高产稳产的一个重要因素,适宜的密度对小麦的个体和群体发育具有一定的影响,对生产管理、节本增效、获得高产都具有良好的基础作用。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 实验材料与方法

#### 2.1.1. 试验田概况与基本情况

试验位于西安市临潼区油槐街办南杨村试验示范基地的小麦田中进行, 所选试验田块, 地面平整, 排灌便利, 前茬为一季玉米。土壤养分基本情况, 有机质 16.4 g/kg, 碱解氮 83.2 mg/kg, 有效磷 18.9 mg/kg, 速效钾 169 mg/kg, PH 值 7.5。土壤类型为壤土, 土壤肥力为高肥力。

#### 2.1.2. 供试品种

供试品种为西农 511, 由西北农林科技大学育成, 2018 年通过国家审定。西农 511 属于半冬性品种, 全生育期 233 天, 综合抗病性突出, 主要品质指标达到强筋小麦标准。

#### 2.1.3. 试验方法

本实验选用品种为西农 511, 播期为 2020 年 10 月 20 日, 处于本区域适播期, 种植密度上限为 28 万株/667m<sup>2</sup>, 下限为 8 万株/667m<sup>2</sup>。

#### 2.1.4. 试验设计

试验处理设计见下(表 1), 本试验选用小麦品种为西农 511 (由西北农林科技大学提供), 共设计 6 个处理, 3 个重复, 共 18 个小区。小区长 4 米、宽 3.25 米、行距 25 厘米; 小区采用随机排列, 播种方式为人工点播。

**Table 1.** Planting test treatment of Xinong 511 with different densities  
**表 1.** 西农 511 不同密度种植试验处理

处理	播期(月/日)	密度(万株/667m <sup>2</sup> )
A1	10 月 20 日	8
A2	10 月 20 日	12
A3	10 月 20 日	16
A4	10 月 20 日	20
A5	10 月 20 日	24
A6	10 月 20 日	28

## 2.2. 田间管理

### 2.2.1. 试验田管理

试验田统一秸秆还田、统一整地、统一配方施肥、统一灌水、统一田间管理、统一病虫草害综合防治。小麦全生育期施肥水平纯氮(N) 10 kg/亩、纯磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 8 kg/亩、纯钾(K<sub>2</sub>O) 5 kg/亩、微肥(锌肥或硫肥) 2 kg/亩。氮肥的 80%和全部磷钾肥作底肥, 20%氮肥在拔节后期追施。

### 2.2.3. 灌水、追肥

2020 年 12 月 5 日结合冬灌亩追施 5 kg 尿素, 2021 年 2 月 18 日结合春灌并随水追施尿素 10 kg, 实施了小麦氮肥后移技术。

### 2.2.4. 病虫草害防治

2021 年 3 月 6 日, 用麦兴一号除草剂进行春季化除, 4 月 17 日进行首次喷施 40%唑醚·戊唑醇 30 ml

+ 10% 高效氯氰·噻虫嗪 25 ml + 腐殖酸叶面肥 35 ml + 飞防助剂 10 ml 防治条锈病和蚜虫。5 月 1 日开展“一喷三防”工作(飞防), 喷施 10% 高效氯氰·噻虫嗪 30 ml + 37% 戊唑醇·咪鲜胺悬浮剂 30 ml + 腐殖酸叶面肥 25 ml + 飞防助剂 10 ml, 防治条锈病、赤霉病、蚜虫。地下害虫防控方面采用太阳能频振杀虫灯进行物理防治。

### 2.2.5. 气候因素对小麦生长发育的影响

2020 年临潼区小麦秋播时播期、播量、墒情均适宜, 播种质量好, 出苗率高; 冬前小麦群体适宜, 单株分蘖一般。入冬以后我区发生一次较强寒潮天气, 部分田块发生了不同程度冻害; 春季雨水较多, 小麦生长中后期的条锈病、赤霉病、白粉病及蚜虫、红蜘蛛等病虫害的发生较大; 在 4 月 17 日持续开展小麦条锈病春季应急防控及中后期小麦“一喷三防”工作, 有效的控制了危害损失, 也对小麦千粒重的形成十分有利。小麦的生产过程中低温、病虫害的影响等不利因素诸多, 但因病虫害防治及时, 后期灌水、施肥及 4 月下旬的有效降雨为小麦灌浆期提供了充分的水肥需求, 较好地光照延长了小麦的灌浆期, 籽粒干物质积累较多, 增加了粒重, 且避免了后期干热风和早衰现象的影响。

## 2.3. 调查项目与方法

### 2.3.1. 生育期调查

全生育期调查记载各处理小麦主要生育期、生物学性状、成熟期产量结构及穗部性状, 称千粒重。在小麦生育期内记录主要病虫草害及冻害发生情况。

### 2.3.2. 理论产量测定

每小区固定 3 个点, 每点长 1 m、宽 0.667 m, 面积 0.667 m<sup>2</sup>, 调查每个处理实际基本苗数, 6 月 8 号试验田小麦成熟, 各处理实收 4 行实产, 单脱、单晒称重计产, 每小区收获的小麦籽粒进行品质测定, 3 次重复的数据取平均值。

### 2.3.3. 品质测定

成熟期全小区收获, 测定实产后, 取 2 kg 籽粒送西北农林科技大学农学院进行品质测定。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 生育期调查

由表 2 可知, 同一品种的生育期与播量无关。参试品种中, 西农 511 的生育期为 231 d, 成熟期在 6 月 8 日左右, 不同处理成熟期基本处于同一时间。

Table 2. Growth period survey of Xinong 511

表 2. 西农 511 生育期调查表

品种	处理	播种期 (月/日)	出苗期 (月/日)	三叶期 (月/日)	返青期 (月/日)	拔节期 (月/日)	抽穗期 (月/日)	灌浆期 (月/日)	成熟期 (月/日)	生育期 (天)
西农 511	A1	10/20	11/1	11/15	2/28	3/15	4/15	5/13	6/8	231
	A2	10/20	11/1	11/15	2/28	3/14	4/15	5/13	6/7	230
	A3	10/20	11/1	11/15	2/28	3/14	4/15	5/13	6/8	231
	A4	10/20	11/1	11/15	2/28	3/15	4/15	5/13	6/8	231
	A5	10/20	11/1	11/15	2/28	3/15	4/15	5/13	6/8	231
	A6	10/20	11/1	11/15	2/28	3/15	4/15	5/13	6/8	231

### 3.2. 苗情调查

据群体结构数据调查(表 3、表 4): 在相同的管理水平条件下, 基本苗随着播量的增加而上升, 冬、春季总茎数也随着播量的增加而增多。冬季总茎数最高为处理 A6, 为 37.1 万/亩, 春季总茎数最高为处理 A6, 为 65.9 万/亩。

**Table 3.** Winter wheat seedling survey form

**表 3.** 冬季苗情调查表

处理	基本苗(万/亩)	单株分蘖(个)	次生根(条)	主茎叶龄(片)	冬季总茎数(万/亩)
A1	7.3	1.3	2.4	4.2	16.8
A2	10.5	1.1	1.8	4.2	22.1
A3	14.9	0.9	1.7	4.1	28.3
A4	17.4	1.1	2.1	4.1	36.5
A5	19.1	1.0	1.9	4.0	38.2
A6	20.6	0.8	1.6	4.0	37.1

注: 2020.12.5 调查。

**Table 4.** Spring wheat seedling survey form

**表 4.** 春季苗情调查表

处理	基本苗(万/亩)	单株分蘖(个)	次生根(条)	主茎叶片(片)	春季总茎数(万/亩)
A1	7.3	2.0	10.0	6.6	21.9
A2	10.5	2.2	8.8	6.4	33.6
A3	14.9	2.7	9.8	6.8	55.1
A4	17.4	2.2	10.3	6.8	55.7
A5	19.1	2.3	10.5	6.9	63.0
A6	20.6	2.2	10.2	6.7	65.9

注: 2021.3.10 调查。

### 3.3. 生物学特征调查

据成熟期小麦生物学特征调查(表 5): 在相同的管理水平条件下, 播量不同, 其农艺性状具有一定的差异性, 在实际生产中, 合理的株高能够增强小的抗逆性, 而第一二节间的长度能够影响小麦抗倒伏的能力, 穗长能够影响穗粒数产量。如表 5 所示, 各处理中, 株高最高的为 A6, 为 75 cm, 最低为 A2, 为 66.5 cm; 第一节间最短的为 A4, 长度 3.9 cm; 穗长最长的为 A1, 长度 8.3 cm; 在赤霉病发病率方面, 处理 A2 有发病, 为 0.667 m<sup>2</sup> 面积内 0.3 个, 其它处理均为发病。

**Table 5.** Biological characteristics at maturity  
**表 5.** 成熟期生物特征调查表

处理	株高(cm)	第一节间(cm)	第二节间(cm)	穗长(cm)	穗下节(cm)	0.667 m <sup>2</sup> 赤霉病(个)
A1	68.5	4.0	6.4	8.3	23.4	0
A2	66.5	4.1	7.2	7.0	25.2	0.3
A3	72.1	4.1	6.8	7.2	24.6	0
A4	71.2	3.9	7.1	7.2	25.6	0
A5	71.5	4.4	7.1	7.2	23.8	0
A6	75.5	4.5	7.1	7.0	25.3	0

注：2021.6.7 调查。

### 3.4. 测产

由表 6 可知，西农 511 在不同密度处理下，产量构成三要素也表现不同。在合理范围内，6 种不同密度处理，亩穗数随着播量的增加呈递增趋势，穗粒数随着播量的增加呈递减趋势，在种植密度 24 万株/667m<sup>2</sup> 时(处理 A5)，穗数最高，为 34.5 万穗，在种植密度 8 万株/667m<sup>2</sup> (处理 A1) 时，穗粒数最高，为 52.9 粒；在千粒重方面，千粒重与播种密度差异不显著，在播种密度为 8 万株/667m<sup>2</sup> (处理 A1) 时，千粒重最大，为 49.3 g，在播种密度为 24 万株/667m<sup>2</sup> (处理 A5) 时，千粒重最小，为 46.8 g，两者相差 2.5 g。理论产量方面，处理 A5 最高，为 636.2 kg，处理 A2 最低，为 529.9 kg，两者相差 106.3 kg。

**Table 6.** Statistical table of theoretical yield of Xinong 511 under different density  
**表 6.** 西农 511 不同密度试验理论产量统计表

处理	亩穗数(万)	穗粒数(粒)	千粒重(克)	理论产量(公斤/亩)	折合实产(公斤/亩)	名次
A1	21.1	52.9	49.3	550.3	467.8	5
A2	26.1	41.6	48.8	529.9	450.4	6
A3	29.8	42.3	47.9	603.8	513.2	3
A4	30.7	42.5	47	613.2	521.22	2
A5	34.5	39.4	46.8	636.2	540.8	1
A6	32.5	37.5	47	572.8	486.9	4

注：2021 年 6 月 7 日调查。

从表 7 可以看出，实产统计中，在千粒重方面，西农 511 处理 A1(8 万株/667m<sup>2</sup>) 表现最好，千粒重在 6 个处理中最高，同时，从图表中可以看出，6 个不同密度处理，随着密度增大，千粒重呈下降趋势，但差异不显著。在实产产量方面，西农 511 处理 A5 (24 万株/667m<sup>2</sup>) 表现最好，产量最高。小麦产量由亩穗数、穗粒数和千粒重三要素构成，在大田生产中，小麦亩穗数是产量构成的基础，也是形成高产的关键因素，因此要科学管理，依据品种特性适合区域，选择和的种植密度，协调三要素，可取得较高的产量。而从分析得出，西农 511 大田种植密度为 24 万株/亩时，产量较好，效益较高。

**Table 7.** Statistical table of actual yield of Xinong 511 under different density  
**表 7.** 西农 511 不同密度试验实产统计表

处理	含水量(%)	取样称重(4 行/kg)	千粒重(克)	折实产(公斤/亩)	名次
A1	11.2	3.28	49.3	555.1	5
A2	12.2	3	48.8	504.7	6
A3	11.8	3.3	47.9	562.5	3
A4	11.7	3.52	47	594.1	2
A5	11.5	3.58	46.8	606	1
A6	11.6	3.3	47	562.4	4

注：2021 年 7 月 10 日调查。

### 3.5. 品质分析

有关播量对小麦籽粒加工品质的影响，研究结果不尽一致。姚广平等[8]研究表明，随播量的增加，湿面筋含量、稳定时间和沉淀值均表现为增加趋势。雷钧杰等[9]研究表明，随播量的增大，小麦籽粒湿面筋含量先上升后下降。何甜[10]研究发现，小麦湿面筋含量随播种密度的增大而降低，当施肥量一定时，籽粒硬度随播量增大总体呈减小的趋势。但赵广才等[11]研究认为不同播种密度处理对加工品质等指标影响较小。如表 8 所示，播量对小麦籽粒蛋白含量、容重、湿面筋、稳定时间、延展性和出粉率有显著或极显著的影响。小麦籽粒湿面筋含量随着播量的增加呈先升后降趋势，这与雷钧杰研究结果相似。

**Table 8.** Effects of planting density on grain quality of Xinong 511  
**表 8.** 种植密度对西农 511 籽粒品质影响统计表

处理	蛋白	容重	湿面筋	稳定时间	延展性	出粉率
1	13.54	824.18	29.25	9.62	141.43	67.76
2	13.61	830.39	29.38	8.56	133.53	67.62
3	13.81	827.46	29.56	9.28	135.55	67.90
4	13.92	825.83	29.35	9.86	136.09	67.99
5	13.88	828.44	29.32	9.31	140.92	67.80
6	13.82	830.71	29.14	9.30	140.40	67.78

## 4. 讨论

在本试验条件下，产量方面，西农 511 不同播种密度对其产量影响较大，密度过高、过低均影响产量。播种密度过低，单穗获得养分过高，成穗率高，穗粒数较多，但是基本苗数较少，单位面积内有效穗数少，产量较低；播种密度过高，总茎蘖数较多，群体光合作用降低，且在拔节期养分消耗过高，成穗率降低，穗粒数减少，综合产量降低，同时会浪费麦种。

## 5. 结论

试验结果表明：在关中东部灌区播种期相同的情况下，西农 511 以播种时基本苗控制在 19 万株/667m<sup>2</sup>

左右时表现最佳。此试验结论仅代表在当年气候条件同一播种期的表现,在实际生产中,可根据播种期结合品种自身特性进行适当调整。在对小麦籽粒品质方面,试验研究发现不同播量对小麦产量和品质有一定影响,但是否具有普遍性及作用机理仍有待研究验证。

本次试验数据仅代表该品种在本年度的表现,受本年度气候气象和栽培措施影响较大,试验数据可作为参试品种性状表现的补充和完善。每个品种在产量形成上都有各自的特点,在实际生产中应按照品种特性,不断完善良种良法配套措施,才能达到优质高产的目标。

## 参考文献

- [1] 张荣琦,陈春环,田增荣,朱建峰,张宏,王长有,王亚娟,刘新伦,赵继新,吉万全. 优质强筋抗病高产小麦新品种——农 511 [J]. 麦类作物学报, 2020, 40(7): 897.
- [2] 李新军,武蓉,韩永宏,王晓平. 关中东部灌区西农 585 与西农 511 密度试验[J]. 基层农技推广, 2021, 9(11): 10-13.
- [3] 王志成,李肇尘,孙凤丽,李春艳,张立强,张超,刘曙东,奚亚军. 播期、播量和施氮水平对“西农 109”小麦生长及产量的影响[J]. 陕西农业科学, 2022, 68(8): 108-114.
- [4] 周秋峰,于沐,张果果. 种植密度对小麦生长及产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(20): 35-37.
- [5] 王树林,祁虹,王燕,张谦,冯国艺,林永增,梁青龙. 麦棉套作模式下播量与播种方式对小麦生长发育及产量的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(7): 39-43.
- [6] 崔丽娜,李庆方,尚月敏,甄萍萍,李令伟,杨连俊,董树亭,禹光媛. 不同播量对冬小麦产量及产量构成的影响[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(36): 38-39.
- [7] 郭丹丹,刘哲文,常旭虹,王德梅,陶志强,王艳杰,杨玉双,赵广才,石书兵. 施氮处理对不同筋型小麦产量和品质的影响[J]. 作物杂志, 2020(6): 158-162.
- [8] 姚广平,汪娟梅,张睿,杨梅,田永平. 关中部灌区播期密度对农大 399 小麦产量和品质的效应[J]. 西安文理学院学报(自然科学版), 2018, 21(5): 71-77.
- [9] 雷钧杰,赵奇,陈兴武,赛力汗,吴锦秀. 播期和密度对冬小麦产量与品质的影响[J]. 新疆农业科学, 2007(1): 75-79.
- [10] 何甜. 施肥和密度对旱地冬小麦普冰 9946 产量和品质的影响[D]: [硕士学位论文]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2013.
- [11] 赵广才,张艳,刘利华,杨玉双,常旭虹. 施肥和密度对小麦产量及加工品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2005(5): 56-59.