



刘东军,宋维富,杨雪峰,等.施氮量和种植密度对强筋小麦龙麦 35 产量及品质的影响[J].黑龙江农业科学,2022(6):18-21.

# 施氮量和种植密度对强筋小麦龙麦 35 产量及品质的影响

刘东军,宋维富,杨雪峰,赵丽娟,宋庆杰,张春利,辛文利,肖志敏

(黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

**摘要:**为提升东北春麦区优质强筋小麦品种龙麦 35 的原粮“量质兼用”利用价值,本研究以强筋小麦品种龙麦 35 为试验材料,调查施氮量和种植密度对龙麦 35 产量和湿面筋含量、稳定时间、能量及最大抗延阻力等品质性状的影响。结果表明:龙麦 35 产量在年度间存在显著差异,且两年间均表现为施氮量  $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理大于施氮量  $90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理。产量随着种植密度增加有减小的趋势, $650\text{ 株}\cdot\text{m}^{-2}$  处理龙麦 35 的产量最高。龙麦 35 品质性状表现为施氮量  $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理略低于  $90\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  处理,但两个施氮量处理间无显著性差异,3 种植植密度对龙麦 35 品质的影响不显著。说明施氮量  $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  和种植密度  $650\text{ 株}\cdot\text{m}^{-2}$  是龙麦 35 保质增产关键栽培技术中较为适宜的施氮量和种植密度。

**关键词:**强筋小麦;施氮量;种植密度;产量;品质;栽培技术

东北春麦区处于高纬度地区,由于日照时间长、土地肥沃等生态资源优势,适合生产优质强筋小麦<sup>[1]</sup>。自龙麦 26、克丰 6 号等优质强筋小麦品种推广以来,东北春小麦由产量型向品质型成功转型,其中龙麦 33、龙麦 35 和龙麦 36 二代强筋小麦品种已成为东北春麦区主栽小麦品种。目前,龙麦 67、龙麦 77 和龙麦 86 等优质强筋小麦品种已经通过审定并推广。同一品种在不同栽培条件下生产出的小麦品质差异非常大,这意味着强筋小麦品种并不等于强筋小麦原粮。优质强筋小麦品种不能生产优质强筋原粮的主要原因是受到强筋小麦栽培技术的制约。

强筋小麦生产中影响小麦品质的因素较多,主要有生态环境、品种和栽培技术。东北春麦区生态环境(日照时间长、温度适宜、土壤肥沃、降水充足)具备生产强筋小麦的比较优势。黑龙江省农业科学院作物资源研究所在强筋小麦育种方面取得了较好的成绩,培育出了龙麦系列优质强筋小麦品种,为强筋小麦生产提供了源头保障。强筋小麦栽培技术体系从播种到收获包括多个环节,施氮量和播种密度是强筋小麦栽培技术中的关键因素。龙麦 35 是东北春麦区主栽小麦品种,是适合制作面包和面条的“量质兼用”型小麦品

种,在 2014 年全国小麦品质鉴评中,其品质超过了对照粉美麦 DNS 和金像粉。由于其品质优良、用途广、产品需求量大,迅速成为东北春麦区第一大主栽强筋小麦品种。但在龙麦 35 原粮生产中出现了品质性状不达标和部分原粮品质达不到强筋小麦标准的问题,其中关键问题在于强筋小麦栽培技术没有实施到位。目前,东北春麦区生态环境优势突出、品种科技优势已具备,通过强筋小麦栽培技术来整合东北春麦区生态资源优势 and 品种科技优势,可充分发挥强筋小麦的科技生产力,提高强筋小麦原粮利用价值。因此,本研究选取优质强筋小麦龙麦 35 为试验材料,通过调查施氮量和播种密度等关键栽培技术对龙麦 35 产量和品质的影响,来探索强筋小麦最佳施氮量和播种密度,以期优质强筋小麦原粮生产提供技术支持。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验地概况

试验地位于黑龙江省哈尔滨市道外区民主乡国家现代农业科技示范展示基地,前茬为大豆茬,地理坐标为  $126.85^{\circ}\text{N}$ ,  $45.84^{\circ}\text{E}$ ,海拔  $118.0\text{ m}$ 。土壤肥力由黑龙江省农业科学院土壤肥料检测中心检测,土壤  $\text{pH}6.34\sim 6.94$ ,碱解氮含量  $93.7\sim 151.4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,速效磷和速效钾含量分别为  $24.8\sim 31.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  和  $167\sim 194\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。有机质  $24.1\sim 32.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,土壤肥力较为丰富。播种采用机播,行距  $15\text{ cm}$ ,播深为  $5.0\text{ cm}$ ,采用 8 行区,区长  $5\text{ m}$ 。小区面积  $6\text{ m}^2$ ,3 次重复,播种前用拌种霜或种衣剂拌种,播后镇压。

收稿日期:2022-02-07

基金项目:黑龙江省属科研院所科研业务费项目(CZKYF 2021B005)。

第一作者:刘东军(1978—),男,博士,副研究员,从事小麦遗传育种研究。E-mail:dongdong415@126.com。

通信作者:张春利(1970—),男,博士,研究员,从事小麦育种研究。E-mail:zclwheat@126.com。

1.2 材料

供试小麦为东北优质强筋春小麦品种龙麦 35,由黑龙江省农业科学院作物资源研究所提供。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 本研究于 2013 和 2014 年度进行,实行“秋施肥-春耙地”耕种制度。施氮量和播种密度两因素完全随机设计,试验中施氮量设纯氮 75 和 90 kg·hm<sup>-2</sup> 两个水平;磷肥(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)作为基肥按 60 kg·hm<sup>-2</sup> 一次性施入;钾肥(K<sub>2</sub>O)作为基肥按 2.75 kg·hm<sup>-2</sup> 一次性施入。种植密度分别设置 650,750 和 850 株·m<sup>-2</sup> 三个水平。使用条播机播种,条播 8 行区,行长 5 m,行距 15 cm,播深 5 cm,小区面积 6 m<sup>2</sup>,3 次重复,共 18 个小区。播期为 4 月 1 日,播后镇压 1 次。在小麦生长至 3 叶 1 心时镇压一次,以壮秆防倒。3~4 叶期采用 10% 苯磺隆 150~180 g·hm<sup>-2</sup> 和 6.9% 骠马 900 mL·hm<sup>-2</sup> 灭草,并补施 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 3 kg·hm<sup>-2</sup> 和尿素 7.5 kg·hm<sup>-2</sup>,拔节前喷 50% 矮壮素 1 次。

1.3.2 测定项目及方法 产量测定:小麦成熟后,于 7 月 25 日左右用小区收割机收获,晾晒 3 d 后测产。

品质分析:小麦收获后,分别取 300 g 籽粒用于品质分析,本试验中采用布勒 E202 实验磨按 NT/T 1094 标准制粉,过 100 目筛,出粉率控制在 67%~70% 之间。使用 Glutomatic 2200 面筋自动分析仪测定湿面筋含量;面团流变学特性用 Brabender 粉质仪和拉伸仪,参照 GB/T 14614—2006<sup>[2]</sup> 和 GB/T 14615—2006<sup>[3]</sup> 标准测定粉质参数中稳定时间,以及拉伸参数中最大抗延阻力和能量。

1.3.3 数据分析 使用 SPSS 19.0 软件的一般线性模型分析不同年度、施氮量和种植密度对产量和品质的效应(因素互作效应忽略)。然后,利用方差分析(LSD 法)进行处理间多重比较( $P < 0.05$  为显著),分析施氮量和种植密度对产量和品质指标的影响。

2 结果与分析

2.1 不同年度、施氮量和种植密度对龙麦 35 产量和品质的效应分析

由表 1 可知,不同年度对产量、湿面筋、稳定时间和最大抗延阻力均存在显著效应。施氮量对湿面筋含量和最大抗延阻力有显著效应。种植密

度对最大抗延阻力效应显著。为了减小年度气候等因素对产量和品质性状的影响,试验结果将分年度进行总结分析。

表 1 不同年度、施氮量和种植密度对产量和品质性状的主体效应分析

源	因变量	III 型平方和	df	F	Sig.
年度	产量	2690926.45	1	32.56	0.00
	湿面筋	11.34	1	9.71	0.01
	稳定时间	246.12	1	24.02	0.00
	最大抗延阻力	17010.28	1	6.99	0.03
	能量	468.64	1	2.38	0.16
施氮量	产量	2849.23	1	0.03	0.85
	湿面筋	9.90	1	8.48	0.02
	稳定时间	4.08	1	0.39	0.54
	最大抗延阻力	10266.75	1	4.22	0.07
	能量	33.33	1	0.16	0.69
种植密度	产量	109714.27	2	0.66	0.54
	湿面筋	2.47	2	1.05	0.39
	稳定时间	1.19	2	0.05	0.94
	最大抗延阻力	42114.87	2	8.65	0.01
	能量	491.36	2	1.24	0.33

2.2 不同施氮量和种植密度对龙麦 35 产量的影响

2.2.1 施氮量对产量的影响 由表 2 可知,龙麦 35 在 2013 年和 2014 年的平均产量分别为 5 542.33 和 6 315.77 kg·hm<sup>-2</sup>,年度间产量存在的显著差异主要是由于年度间不同气候条件引起的。施氮量 75 和 90 kg·hm<sup>-2</sup> 处理下,2013 年度龙麦 35 产量分别为 5 585.3 和 5 499.4 kg·hm<sup>-2</sup>,二者差异不显著;2014 年度龙麦 35 产量分别为 6 506.3 和 6 127.2 kg·hm<sup>-2</sup>,二者差异达到了显著水平。两年间 75 kg·hm<sup>-2</sup> 处理的产量均大于 90 kg·hm<sup>-2</sup> 处理,表明施氮量 75 kg·hm<sup>-2</sup> 即可保障龙麦 35 的产量需求。

2.2.2 种植密度对产量的影响 2013 年种植密度 650,750 和 850 株·m<sup>-2</sup> 的处理产量分别为 5 672.5,5 526.3 和 5 428.2 kg·hm<sup>-2</sup>,不同密度处理的产量间差异不显著。2014 年 3 个不同种植密度处理麦 35 的产量分别为 6 450.9,6 328.9 和 6 170.5 kg·hm<sup>-2</sup>,三者之间存在显著性差异。且两年产量均随着种植密度增加有减小的趋势,种植密度 650 株·m<sup>-2</sup> 条件下龙麦 35 产量最高(表 2)。综上所述,施氮量 75 kg·hm<sup>-2</sup> 和种植密度 650 株·m<sup>-2</sup> 在龙麦 35 生产中能够获得较高的产量。

表 2 施氮量和种植密度对龙麦 35 产量和品质的影响

因素	年份	处理	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	湿面筋含量/g	稳定时间/min	能量/cm <sup>2</sup>	最大抗延阻力/E. U
纯氮/(kg·hm <sup>-2</sup> )	2013	75	5585.3±208.69 c	31.75±0.94 a	29.12±1.00 a	188.9±2.0 a	790.0±11.7 b
		90	5499.4±127.61 c	32.58±1.36 a	29.51±1.51 a	189.6±6.3 a	753.7±21.4 b
	2014	75	6506.3±181.29 a	28.74±1.25 b	19.17±0.75 b	152.3±6.4 b	840.5±47.8 a
		90	6127.2±155.09 b	28.35±1.35 b	22.77±1.59 b	157.7±9.5 b	891.5±84.1 a
种植密度/(株·m <sup>-2</sup> )	2013	650	5672.5±153.02 d	31.76±1.10 a	29.74±2.19 a	198.8±4.1 a	798.0±19.1 c
		750	5526.3±132.79 d	32.18±1.74 a	28.01±1.02 a	186.3±4.7 a	757.3±23.1 d
		850	5428.2±160.43 d	32.57±2.55 a	30.22±1.15 a	184.5±6.2 a	760.2±18.5 d
	2014	650	6450.9±315.92 a	28.35±1.50 b	19.05±2.19 b	152.3±8.5 b	778.8±110.4 d
		750	6328.9±123.91 b	29.05±1.75 b	21.73±1.02 b	156.0±6.6 b	853.8±44.6 b
		850	6170.5±266.01 c	28.25±1.70 b	22.13±1.15 b	156.8±19.2 b	965.5±63.2 a

注:不同小写字母代表处理间在  $P<0.05$  水平差异显著。

2.3 不同施氮量和种植密度对龙麦 35 品质性状的影响

2.3.1 施氮量对品质的影响 由表 2 可知,相同施氮量条件下,不同年份间的湿面筋含量、稳定时间、能量和最大抗延阻力等品质性状之间差异显著,说明年度间气候条件的差异对龙麦 35 品质的影响显著。同一年度,不同施氮量条件下的湿面筋含量、稳定时间、能量和最大抗延阻力品质性状整体上均表现为施氮量 75 kg·hm<sup>-2</sup> 处理略低于 90 kg·hm<sup>-2</sup> 处理,但两个施氮量处理间无显著性差异,表明施氮量 75 kg·hm<sup>-2</sup> 即可满足强筋小麦龙麦 35 的品质需求。

2.3.2 种植密度对品质的影响 3 种种植密度处理下龙麦 35 的湿面筋含量、稳定时间和能量在不同年度间存在显著差异,同一年度不同种植密度之间没有显著性差异。最大抗延阻力在不同种植密度之间存在显著性差异,2013 年 650 株·m<sup>-2</sup> 处理龙麦 35 的最大抗延阻力显著高于另外两个处理;2014 年 850 株·m<sup>-2</sup> 处理龙麦 35 的最大抗延阻力最高,显著高于其他处理(表 2)。虽然两年不同密度处理间最大抗延阻力存在显著差异,但不同密度处理的最大抗延阻力均属于优质强筋小麦标准范围。由此得出,本研究设定的 3 种植密度对小麦品质影响不大。

3 讨论

3.1 施氮量对龙麦 35 产量和品质的影响

氮肥对强筋小麦产量提升和品质形成具有重要贡献。在过去几十年里,氮肥使我国小麦产量提高了 42.0%<sup>[4]</sup>。已有研究表明,氮肥并非越多越好,小麦产量随施氮量增加呈现先增后减的趋势<sup>[5-7]</sup>。冬小麦适宜施氮量在 200~250 kg·hm<sup>-2</sup><sup>[8-12]</sup>。氮肥

过多易引起小麦徒长并产生倒伏,反而不利于产量形成。本研究表明东北春小麦施氮量以 75 kg·hm<sup>-2</sup> 较为适宜,对于土壤肥力贫瘠地块,可适量增加施氮量,有助于发挥产量潜力。

增施氮肥可促进小麦品质形成,提高蛋白质含量<sup>[13]</sup> 和湿面筋含量<sup>[14-15]</sup>,延长面团稳定时间<sup>[16]</sup>。本研究中,施氮量从 75 kg·hm<sup>-2</sup> 提高至 90 kg·hm<sup>-2</sup>,品质性状湿面筋含量、稳定时间、能量和最大抗延阻力并没有得到显著提升,说明施氮量 75 kg·hm<sup>-2</sup> 可以满足龙麦 35 的品质需求。

3.2 种植密度对龙麦 35 产量和品质的影响

一般来讲,随着种植密度的增加,穗粒数和千粒重显著下降<sup>[17]</sup>,小麦产量呈先上升后下降趋势<sup>[18]</sup>,种植密度是个理论密度,与成株密度之间有差异,小麦群体具有强大的自我调节能力,群体密度可通过分蘖和竞争来调节成株密度。种植密度增加有降低湿面筋含量的趋势,对籽粒蛋白质含量和稳定时间的影响不显著<sup>[19-21]</sup>。本研究中,龙麦 35 产量随播种密度增加反而呈下降趋势,湿面筋含量、稳定时间和能量等品质性状在不同种植密度水平下没有显著差异,说明种植密度对小麦的品质性状影响不大。

本研究结果与其他研究<sup>[17-20]</sup> 结果不一致的原因在于施氮量和种植密度等处理水平是根据强筋小麦生产现状设置的,设置处理水平范围小,可能会导致不同因素处理之间对结果影响不显著或者产生偏差。此外,不同因素处理范围小,水平少,也可能导致试验结果不能完全反映其客观规律。因此,在下一步工作中,首先应全面考虑不同处理覆盖的范围,然后根据范围设置多个水平,通过重复试验从而获得更为全面可靠的结果。

## 4 结论

本研究通过施氮量和种植密度等关键栽培技术对强筋小麦龙麦 35 产量和品质性状的影响研究发现,施氮量  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和种植密度为  $650 \text{ 株} \cdot \text{m}^{-2}$  时在东北春小麦生产中可保质增产,是较为适宜的施氮量和种植密度,根据关键栽培技术集成建立切实可行的“土肥-栽培-植保”协同技术体系,从而在强筋小麦生产中达到减施、增效、提质的目的。

## 参考文献:

- [1] 肖志敏. 光温生态育种[M]. 北京:中国农业出版社,2010.
- [2] 国家粮食局. 小麦粉面团的物理特性 吸水量和流变学特性的测定粉质仪法:GB/T 14614—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [3] 国家粮食局. 小麦粉面团的物理特性 流变学特性的测定 拉伸仪法:GB/T 14615—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [4] 邓丽娟,焦小强. 氮管理对冬小麦产量和品质影响的整合分析[J]. 中国农业科学,2021,54(11):2355-2365.
- [5] 师箴,高斯曼,李彤,等. 施氮量对不同叶绿素含量小麦生长、产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2021,41(9):1134-1142.
- [6] 孙允超,王光禄,王怀恩,等. 施氮方式对强筋小麦产量和品质性状的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(20):11-15.
- [7] 韩立杰,董伟欣,张月辰. 不同水肥处理对小麦冠层结构、产量和籽粒品质的影响[J]. 浙江农业学报,2020,32(6):953-962.
- [8] 李亚静,郭振清,杨敏,等. 施氮量对强筋小麦氮素积累和氮肥农学利用效率的影响[J]. 麦类作物学报,2020,40(3):343-350.
- [9] 史辛凯,于振文,赵俊晔,等. 施氮量对高产小麦光合特性、干物质积累分配与产量的影响[J]. 麦类作物学报,2021(6):1-9.

- [10] 王茂莹,贺明荣,李玉,等. 施氮量对不同小麦品种产量及氮素吸收利用的影响[J]. 水土保持学报,2020,34(4):241-248.
- [11] 刘卫星,王家瑞,王晨阳,等. 施氮量对不同土壤肥力条件下冬小麦光合特性和产量的影响[J]. 麦类作物学报,2021(5):1-9.
- [12] 吴强,张永平,董玉新,等. 施氮量和灌水模式对小麦产量、品质和氮肥利用的影响[J]. 麦类作物学报,2020,40(3):334-342.
- [13] 蔡大同,苑泽圣,杨桂芬,等. 氮肥不同时期施用对优质小麦产量和加工品质的影响[J]. 土壤肥料,1994(2):19-21.
- [14] 王月福,于振文,李尚霞,等. 土壤肥力对小麦籽粒蛋白质组分含量及加工品质的影响[J]. 西北植物学报,2002(6):38-44.
- [15] 王月福,于振文,李尚霞,等. 施氮量对小麦籽粒蛋白质组分含量及加工品质的影响[J]. 中国农业科学,2002(9):1071-1078.
- [16] 赵广才,常旭虹,刘利华,等. 施氮量对不同强筋小麦产量和加工品质的影响[J]. 作物学报,2006(5):723-727.
- [17] 王晓森,吕谋超,王森,等. 种植密度和灌溉、施氮模式对冬小麦土壤水分状况、产量和品质的影响[J]. 灌溉排水学报,2021,40(9):48-56.
- [18] 魏鹏,袁建新,王玲玲,等. 施氮水平和种植密度对小麦产量和籽粒品质的影响[J]. 江汉大学学报(自然科学版),2021,49(3):28-34.
- [19] 蔡金华,陈爱大,温明星,等. 施氮量和种植密度对镇麦 168 子粒产量与品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(6):1312-1320.
- [20] 汤永禄,黄钢,郑家国. 密肥水平对川西平原春(播)小麦产量与品质的影响[J]. 耕作与栽培,2003(4):8-9,11.
- [21] 马瑞琦,开振,常旭虹,等. 化控剂对冬小麦植株性状及产量品质的调节效应[J]. 作物杂志,2018(1):133-140.

# Effects of Nitrogen Application Rate and Planting Density on Yield and Quality of Strong Gluten Wheat Longmai 35

LIU Dong-jun, SONG Wei-fu, YANG Xue-feng, ZHAO Li-juan, SONG Qing-jie, ZHANG Chun-li, XIN Wen-li, XIAO Zhi-min

(Institute of Crop Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

**Abstract:** In order to improve the utilization value of “quantity and quality” of wheat Longmai 35 grain in northeast spring wheat area, in this study, taking Longmai 35 as experimental material, the effects of key cultivation technologies (such as nitrogen application rate and planting density) on the yield and quality of Longmai 35 were studied. The results showed that, there were significant differences in the yield of Longmai 35 between years, and the nitrogen application rate of  $75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  were greater than that of  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  in both years. The yield of different density treatments decreased with the increase of planting density, and the yield of  $650 \text{ plant} \cdot \text{m}^{-2}$  treatment was the highest. The quality characters of Longmai 35 showed that the nitrogen application rate of  $75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  treatment was slightly lower than that of  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  treatment, but there was no significant difference between the two nitrogen application rates. And the three planting densities had no significant effect on the quality of Longmai 35. In conclusion, nitrogen application rate of  $75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  and planting density of  $650 \text{ plant} \cdot \text{m}^{-2}$  are the key cultivation technologies of Longmai 35 with high yield and quality.

**Keywords:** strong gluten wheat; nitrogen application rate; planting density; yield; quality; cultivation technologies