

氮肥对黑小麦“运黑 161”产量及氮素利用效率的影响

韩柏岳¹, 任爱霞², 孙敏², 高志强²

(1. 山西省农业技术推广服务中心, 山西 太原 030000;

2. 山西农业大学 农学院, 省部共建有机旱作农业国家重点实验室(筹), 太原 030031)

摘要:为了研究不同施肥水平对黑小麦产量和氮利用率的影响,在洪洞县小麦试验基地开展大田试验。试验以“运黑 161”为供试品种,采用单因素完全随机设计,设 0 kg/hm² (N0)、144 kg/hm² (N144)、192 kg/hm² (N192)、240 kg/hm² (N240) 4 个施氮水平,研究黑小麦在不同氮肥水平下的株高、产量、籽粒蛋白质含量和氮利用率的变化。研究表明,与不施肥相比,施氮可增加黑小麦孕穗至成熟期株高。随施氮量的增加,成熟期穗数和穗粒数也增加,产量以施氮量 240 kg/hm² 最高,达 6 048.45 kg/hm²,较其它氮肥提高 6.04%~134.30%,但与施氮量 192 kg/hm² 处理间差异不显著。氮肥农学利用率以施氮量 192 kg/hm² 最高,达 16.26%。总之,施氮量为 192 kg/hm² 更利于“运黑 161”降低氮肥投入,节约成本,实现产量和氮效率的同步提升。

关键词:氮肥;黑小麦;产量;品质;氮效率

中图分类号:S145 文献标识码:A 文章编号:0488-5368(2024)05-0074-06

Effects of Nitrogen Fertilizer on Yield and Nitrogen Use Efficiency in Triticale ‘Yunhei 161’

HAN Boyue¹, REN Aixia², SUN Min², GAO Zhiqiang²

(1. Shanxi Agricultural Technology Extension Service Center, Taiyuan, Shanxi 030000, China; 2. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, State Key Laboratory of Organic Dryland Farming (In preparation), Taiyuan, Shanxi 030031, China)

Abstract: To investigate the effect of different fertilization levels on triticale yield and nitrogen utilization rate, a field experiment was conducted at the wheat test base in Hongtong County. The cultivar ‘Yunhei 161’ was used as material, a single-factor completely randomized design was adopted. Four nitrogen application levels were set: 0 kg/hm² (N0), 144 kg/hm² (N144), 192 kg/hm² (N192), and 240 kg/hm² (N240). The objective was to observe the variations in plant height, yield, grain protein content, and nitrogen utilization rate of triticale under different nitrogen application levels. The results showed that compared to no fertilization, nitrogen application rates of 144 kg/hm², 192 kg/hm², and 240 kg/hm² led to an increase in triticale’s plant height from booting to maturity. With an increase in nitrogen application rate, the number of spikes and grains per spike also increased at the maturity stage. The highest yield was observed at a nitrogen application rate of 240 kg/hm², reaching 6 048.45 kg/hm², which was 6.04%~134.30% higher than other nitrogen application treatments. However, there was no significant difference compared to a nitrogen application rate of 192 kg/hm². The agronomic efficiency of nitrogen fertilizer was the highest at 192 kg/hm², reaching 16.26%. In conclusion, for ‘Yunhei161’, a nitrogen application rate of 192 kg/hm² is recommended to optimize yield, enhance the agronomic efficiency of nitrogen fertilizer, reduce the input of nitrogen fertilizer, lower costs, and improve economic

收稿日期:2023-09-15 修回日期:2023-10-26

基金项目:山西农业大学省部共建有机旱作农业国家重点实验室自主研发项目(202003-1);山西省基础研究计划(20210302123410);中央引导地方科技发展资金项目(YDZJSX2021C016);国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-03-01-24);山西省重大专项重点实验室课题(202003-2)。

第一作者简介:韩柏岳(1978-),男,硕士,高级农艺师,主要从事旱作栽培与作物生理。

benefits.

Key words: Nitrogen fertilizer; Triticale; Yield; Quality; Nitrogen efficiency

前言

小麦是中国的主要粮食作物之一,中国小麦播种面积超过全国粮食总播种面积的四分之一。全国人民近 20% 的蛋白质需求来自于小麦提供^[1],因此提高小麦栽培技术,改善小麦品质、应对谷物高品质要求的市场需求,是目前小麦生产发展的重点任务^[2]。黑小麦是小麦(Triticum)和黑麦(Secale)的杂交品种,其籽粒颜色呈蓝色、紫色或紫黑色^[3]。黑小麦与普通小麦结构一致,它即结合了亲本小麦的产量优势、谷物品质及环境适应性,同时其营养物质含量又高于普通小麦且含有多种生理活性成分^[4]。目前黑小麦因其纯天然、高营养和多功能性越来越受到人们的关注,是发展功能性食品和开发保健食品的良好材料^[5,6]。有研究表明黑小麦除了富含大量膳食纤维、蛋白质及淀粉外,还含有丰富的矿物质,此外还含有大量对体外抗氧化功能有重要作用、对提高动物血脂代谢水平有重要作用的多酚类物质^[7,8]。黄鑫^[9]研究表明,黑小麦产量及籽粒微量元素含量对肥料的响应不同与普通小麦不同,导致其产量和品质存在差异。鲁晋秀研究表明^[10],相同生态区域环境内,与普通小麦相比,黑小麦对氮肥的吸收强度较高。因此,充分挖掘黑小麦对肥料的响应机制更有利于发挥其生长特性,从而提高黑小麦产量和品质。

氮素是植物生长发育必需的营养元素,是调节植物的生长发育和产量形成关键性限制因素。在我国农业生产中,普遍存在着氮肥施用量过高,氮肥利用率较低,氮肥流失严重等问题^[11]。与此同时,由于普通小麦和黑小麦的差异,氮肥对其影响可能也不同。目前有关黑小麦氮肥调控的研究较少,所以寻求氮肥的最佳施用量是黑小麦产量提高的关键措施之一。山西是我国小麦主产省份之一,有自己培育的优质黑小麦品种,其品质优良,营养价值高。但目前有关氮肥对普通小麦的研究较多,而黑小麦研究较多集中花青素和蛋白质方面。黑小麦对氮肥的响应,及氮肥对黑小麦品质提升研究较少,因此本文通过黑小麦对不同施氮量的响应,研究氮肥对黑小麦株高、产量、蛋白质含量及氮素利用效率的影响,以期明确黑小麦的合理施氮区间及稳产优质栽培技术提供参考依据。

2 材料与方 法

2.1 试验地概况

本试验于 2021~2022 年山西省洪洞县小麦试验示范基地开展大田试验。该研究区域属于暖温带大陆性气候,年平均降水量 460 mm 左右,四季分明。试验田土壤为壤土,试验区种植制度为冬小麦-夏玉米两茬制。黑小麦播种前取耕层(0~20 cm)土壤,测定其土壤基础肥力(表 1)。

表 1 供试土壤理化性质

土壤总磷 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	pH	有机质 (g/kg)	总氮 (g/kg)	碱解氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
582.42	8.03	13.11	0.81	42.52	17.72	203.52

2.2 试验材料

供试黑小麦品种“运黑 161”由山西农业大学棉花研究所提供。该品种为冬性,整个生育期约 243 d,具有较强的抗逆性。幼苗半匍匐,分蘖力中等。生长后期茎叶无蜡质,旗叶较为窄长,其穗层较整齐,熟相好。“运黑 161”穗呈现纺锤形、芒较短、壳为白色、籽粒呈紫黑色。

2.3 试验设计

试验采用单因素设计,设 0 kg/hm^2 、144 kg/hm^2 、192 kg/hm^2 、240 kg/hm^2 4 个施氮水平,小区面积为 54 m^2 (6 m \times 9 m),重复 3 次。本试验前茬玉米收获后全部秸秆还田,播种方式采用宽幅匀播播种(行距 25 cm、苗带宽 8 cm),播前基

施五氧化二磷(P_2O_5)150 kg/hm^2 ,氧化钾(K_2O)90 kg/hm^2 ,氮(N)按试验梯度的 60% 施用。本试验基本苗为 315 \times 10⁴ 株/ hm^2 ,越冬期、拔节期、开花期各灌水 60 mm,拔节期随灌水追 40%N,其他除草、病虫害等田间管理均按照当地大田管理。试验于 2021 年 10 月 26 日播种,2022 年 6 月 15 收获。

2.4 样品制备与分析

植株:分别于黑小麦关键生育时期(越冬期、拔节期、孕穗期、开花期和成熟期),选取 15 株长势均匀的黑小麦植株,测定其株高。于黑小麦成熟期收获其籽粒,用去离子水冲洗干净,置于 105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青 30 min 后,70 $^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重。样品用植物

粉样机粉碎后保存,用于籽粒蛋白质及其组分含量的测定。

产量:于成熟期调查 1 m^2 长势均匀的小麦样段内穗数和穗粒数,每个小区均进行三次重复,剪穗置于网袋中,脱粒晒干后测定千粒重。随机取 15 m^2 小麦进行产量测定,采用谷物水分仪(日本 KETT(凯特)公司 PM-8188-A)测定籽粒含水量,并根据国家粮食贮藏标准含水量(13%)折算,测定实际产量。

蛋白质:利用硫酸(H_2SO_4)-双氧水(H_2O_2)-靛酚蓝比色法,测定籽粒中的氮素含量,测定的氮素含量乘相应系数(5.7)既得到蛋白质的含量。

籽粒蛋白质组分:蛋白质组分测定采用连续浸提法进行提取。

清蛋白:称 0.250 g 籽粒粉碎样品,置于 10 mL 离心管中,向其加入 2 mL 去离子水,振荡 2 min ,使其充分混匀浸提后,室温 $3\ 000\text{ r/min}$ 离心 5 min ,将全部上清液倒入消化管中,重复三次保证浸提完全。利用测定蛋白质的方法测定相应组分蛋白含量。

球蛋白:向上一步(清蛋白)提取剩余残渣的离心管中加 2 mL 10% NaCl 溶液,振荡 2 min ,使其充分混匀浸提后,室温 $3\ 000\text{ r/min}$ 离心 5 min ,将全部上清液倒入消化管中,重复三次保证浸提完全。利用测定蛋白质的方法测定相应组分蛋白含量。

醇溶蛋白:向上一步(球蛋白)提取残渣的离心管中加入 2 mL 70% 乙醇溶液,振荡 2 min , 80°C 热水浴 30 min ,取出离心管,振荡 2 min ,使其充分混匀浸提后,室温 $3\ 000\text{ r/min}$ 离心 5 min ,将全部上清液倒入消化管中,重复三次保证浸提完全。利用测定蛋白质的方法测定相应组分蛋白含量。

谷蛋白:向上一步(醇溶蛋白)提取残渣中加入 2 mL 0.2% NaOH 溶液,振荡 2 min ,室温 $3\ 000\text{ r/min}$ 离心 5 min ,取上清液放入消化管中,重复三次保证浸提完全。利用测定蛋白质的方法测定相应组分蛋白含量。

2.5 计算方法

氮肥农学效率=(施氮处理产量-不施氮处理产量)/施氮量;

氮肥偏生产力=施氮处理产量/施氮量

2.6 统计分析方法

使用微软 Excel 2013 软件和 Origin 2021 软件进行数据处理及图表绘制。得到的图片和表格中的数据均为平均值。采用 DPS 7.05 统计分析

软件进行显著性分析,采用 LSD 法进行差异显著性检验($\alpha=0.05$)。

3 结果与分析

3.1 施氮量对黑小麦各生育时期株高的影响

随着生育进程的推移,黑小麦株高呈逐渐增加的趋势(图 1)。返青期,株高以施氮量 144 kg/hm^2 为最高。拔节期,株高以施氮量 240 kg/hm^2 最高,且与氮肥处理间差异显著。较不施氮,施氮肥可显著增加黑小麦孕穗期、开花期和成熟期株高,分别达 $10.11\%\sim 47.46\%$, $4.79\%\sim 14.52\%$, $20.22\%\sim 43.34\%$ 。

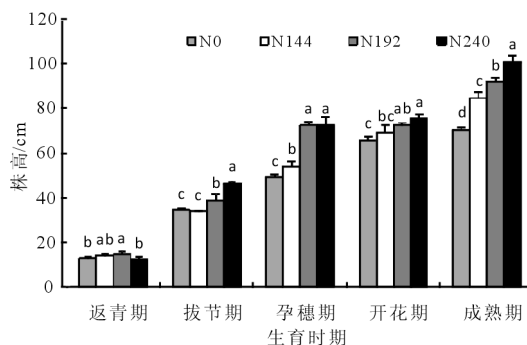


图 1 施氮量对黑小麦各生育时期株高的影响

注:图中不同小写字母表示同一生育时期不同施氮量间在 0.05 水平差异显著(LSD 检验)。

3.2 施氮量对黑小麦产量及其构成因素的影响

由表 2 可看出,与不施氮肥相比,施氮肥可显著增加穗数,达 $10.25\%\sim 22.58\%$,增加穗粒数 $19.86\%\sim 34.05\%$ 、千粒重 $2.74\%\sim 6.28\%$,显著增加产量,达 $41.22\%\sim 57.32\%$,且穗数、穗粒数和千粒重均以施氮量 240 kg/hm^2 最高,但其与施氮量 192 kg/hm^2 无显著差异,千粒重以施氮量 192 kg/hm^2 最高,但与施氮量 144 kg/hm^2 、 240 kg/hm^2 均无显著差异。相关分析表明,产量与产量三因素呈显著或极显著正相关(图 2)。可见,施氮肥有利于优化产量三因素,尤其施用适量氮肥 192 kg/hm^2 。

表 2 施氮量对黑小麦产量及其构成因素的影响

施氮量	穗数 ($10^4/\text{hm}^2$)	穗粒数	千粒重 /g	产量 (kg/hm^2)
N0	363.50 c	22.60 b	37.93 b	2 581.48 c
N144	405.00 b	28.20 b	39.00 ab	4 391.63 b
N192	462.50 a	32.53 a	40.47 a	5 704.14 a
N240	469.50 a	34.27 a	40.37 a	6 048.45 a

注:同列不同字母表明处理之间存在显著差异。

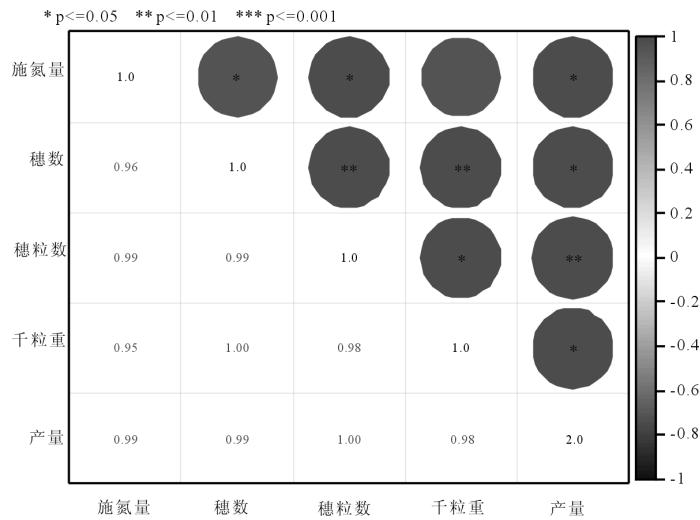


图 2 黑小麦产量及其构成因素的相关性分析

3.3 施氮量对黑小麦成熟期籽粒蛋白质及其组分含量的影响

由表 3 可看出,施氮肥较不施氮肥可显著增加成熟期黑小麦籽粒清蛋白、球蛋白、谷蛋白和总蛋白质的含量。施氮量 192 kg/hm² 和 240 kg/hm² 较不施氮可显著增加球蛋白和谷蛋白含量,且以施氮量

240 kg/hm² 最高,但与施氮量 192 kg/hm² 差异不显著;清蛋白和醇溶蛋白含量均以施氮量 192 kg/hm² 最高。蛋白质含量以施氮量 240 kg/hm² 最高,达 15.41%,但与其他氮肥处理差异不显著。可见,施氮肥利于籽粒蛋白质组分合成,尤其增加了球蛋白和谷蛋白,从而增加蛋白质含量。

表 3 施氮量对黑小麦成熟期籽粒蛋白质及其组分含量的影响

施氮量	清蛋白/%	球蛋白/%	醇溶蛋白/%	谷蛋白/%	蛋白质含量/%
N0	2.34 b	2.85 b	4.17 a	2.06 c	12.71 c
N144	3.23 a	2.71 b	4.51 a	2.96 b	15.26 a
N192	3.40 a	4.85 a	4.62 a	3.68 a	15.38 a
N240	3.2 a	4.99 a	4.47 a	3.80 a	15.41 a

注:同列不同字母表明处理之间存在显著差异。

3.4 施氮量对黑小麦氮肥利用效率的影响

由图 3 可看出,氮肥农学利用率以施氮量 192 kg/hm² 最高,达 16.26%,以 240 kg/hm² 居中,144 kg/hm² 显著最低,但施氮量 192 kg/hm² 与 240 kg/hm² 处理间差异不显著;氮肥偏生产力

以施氮量 144 kg/hm² 最高,达 30.50%,192 kg/hm² 居中,240 kg/hm² 显著最低,但施氮量 192 kg/hm² 与 144 kg/hm² 处理间差异不显著。可见,施氮肥 192 kg/hm² 更利于产量的提升。

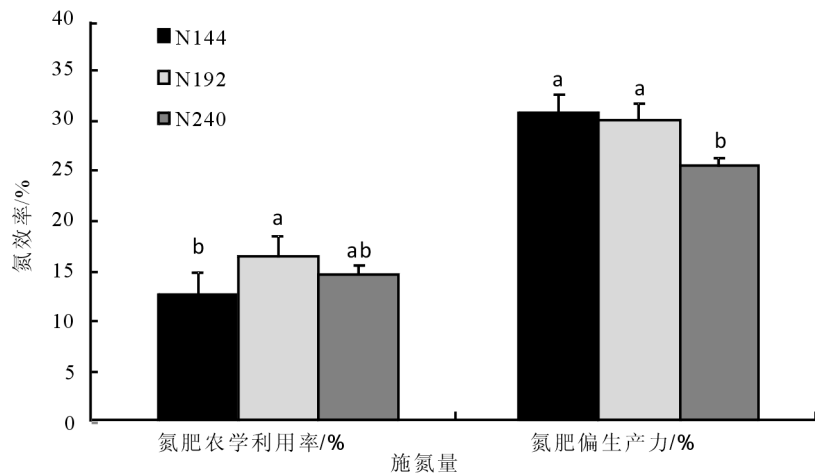


图 3 施氮量对黑小麦氮肥利用效率的影响

注:小写字母显示的是不同施氮量间在 0.05 水平差异显著(LSD 检验)。

4 讨论

4.1 施氮量对黑小麦株高及产量的影响

株高是黑小麦各农艺性状中一个非常重要的指标。有研究表明^[12],植株过高或过矮都不利于植物生长,主要是因为不利于作物光合产物的积累和产量的形成。李正鹏研究表明^[13],株高随冬小麦生育时期增长,呈 S 型变化,先逐渐增高然后高度基本不变,生长发育过程受到各种不同因素影响。孔东研究表明^[14],施氮促进了冬小麦株高的增大,且株高在小麦进入拔节期时对氮肥的响应最敏感,进入抽穗期后小麦株高基本保持不变。本试验研究得,随着黑小麦“运黑 161”生育期的推进,其株高呈逐渐增高的趋势,不施氮处理株高在开花期趋于稳定,而施氮量 144 kg/hm²、192 kg/hm² 和 240 kg/hm² 株高一直增大,施氮量 240 kg/hm² 株高最高,与其它施氮量差异显著(图 2)。可见,施氮使植株快速生长,延长了“运黑 161”达到最大株高的时间。

施氮量对小麦产量的影响与品种、肥料、播种方式等多种因素有关,不同小麦品种达到高产的最佳施氮量不同。杨明晓^[15]研究表明,普通强筋小麦在施氮量达 240 kg/hm² 时可达到高产。吕冰研究表明^[16],“漯珍 1 号”(黑小麦)和“中麦 8 号”(普通小麦)两个品种,在同一施氮量下黑小麦千粒重和穗数高于普通小麦,穗粒数和产量却低于普通小麦,说明相对于黑小麦,增加氮肥投入更有利于提高普通小麦产量。通过相关性分析本研究发现,施氮量通过影响“运黑 161”的穗数和穗粒数从而显著影响产量(图 3)。对于“运黑 161”施氮量 240 kg/hm² 产量最大,达 6 048.45 kg/hm²,但与施氮量 192 kg/hm² 差异不显著(表 2),所以从实际生产角度考虑,运黑 161 的施氮量可以控制在 240 kg/hm² 以下,且施氮肥有利于优化产量三因素,尤其施用适量氮肥 192 kg/hm²。

4.2 施氮量对黑小麦籽粒蛋白质含量

氮肥是小麦生长发育的关键肥料,施氮量会影响小麦的品质特性,增施氮肥可以有效调控籽粒品质。杨延兵^[17]研究发现,在合理范围内,提高氮肥投入量,能够提高小麦面粉的面筋含量、面筋指数和沉降值。赵广才^[18]研究表明,增施氮肥会提高小麦面团弹性、面团形成时间和面团稳定时间。本试验研究发现,随着施氮量增加,“运黑 161”的四种蛋白组分含量均呈现出增加的趋势,但不同组分间增加幅度不同,存在差异。运黑 161 的清蛋白和醇溶蛋白增加幅度较小,它们对增施氮肥反应不敏

感,而不同氮肥处理间,球蛋白和谷蛋白含量差异显著,它们对增施氮肥反应较为敏感。可见不同的施氮量是通过影响“运黑 161”的球蛋白和谷蛋白的含量,从而最终影响了总蛋白含量。

4.3 施氮量对黑小麦氮肥利用效率的影响

不同施氮量,氮素吸收效率和利用效率不同,从而小麦的产量不同。有研究发现作物的高产和氮的高效是密切相关的,在适宜的氮肥水平下,随着氮肥用量的增大,小麦的氮肥利用率和产量均有所提高,二者之间存在着显著的正相关性^[19~23]。但当氮肥用量超出了某一限度时,继续施加氮肥会使氮肥的利用效率下降,从而影响经济效益^[24,25]。李瑞奇研究表明^[26],小麦氮素生产效率呈“二次曲线”型变化,在施氮量为 180 kg/hm² 条件下氮素生产效率达到最高。本试验研究发现,对于“运黑 161”施氮量为 192 kg/hm² 时氮肥农学利用率和氮肥偏生产力较高。由此可见,在不同地域环境、不同小麦品种下,应综合考虑氮素利用效率和产量,从而筛选出合理的氮肥施用量。

5 结论

施氮有利于黑小麦中后期生长。氮肥促进了黑小麦穗数和穗粒数的形成,从而提高了黑小麦的产量。施氮量 192 kg/hm² 和 240 kg/hm² 均可显著提高黑小麦产量,但两处理间差异不显著,而施氮量 192 kg/hm² 的氮肥利用效率显著高于施氮量 240 kg/hm²。因此,综合考虑,推荐当地和小麦栽培施氮量为 192 kg/hm² 可实现产量和氮效率的同步提升。

参 考 文 献:

- [1] Jin H, Zhang Y, Li G, *et al.* Effects of allelic variation of HMW-GS and LMW-GS on mixograph properties and Chinese noodle and steamed bread qualities in a set of Aroona near-isogenic wheatlines[J]. *Journal of Cereal Science*, 2013, 57(1): 146-152.
- [2] 茹振钢,冯素伟,李淦,黄淮麦区小麦品种的高产潜力与实现途径[J]. *中国农业科学*, 2015, 48(17): 3388-3393.
- [3] 牛福内,李满亮,张国庆. 黑小麦的营养品质及开发前景[J]. *山西农业*, 2003(1): 25.
- [4] Dennett A L, Trethowan R M. Milling efficiency of Triticale grain for commercial flour production [J]. *Journal of Cereal Science*, 2013, 57(3): 527-530.
- [5] 陈权权,郭祯祥,郭嘉. 黑小麦加工利用的研究进展及前景展望[J]. *食品研究与开发*, 2020, 41(1): 196-200.
- [6] 孙元琳,崔璨,张陇清,等. 黑小麦全麦粉的面团流变学特性及馒头品质的研究[J]. *食品工业科技*,

- 2014, 35(10):146-149.
- [7] 蔡云汐,王淑,马晓,等.完全法黑小麦粉对高脂血症大鼠血脂水平的影响[J].卫生研究,2018,47(2):322-324.
- [8] 李华,马丹妮,吴莹晗,等.五种黑小麦的营养价值,抗氧化活性和淀粉消化性[J].食品与发酵工业,2020,46(12):80-86.
- [9] 黄鑫,李耀光,孙婉,等.不同粒色小麦籽粒铁锌含量和生物有效性及其对氮磷肥的响应[J].作物学报,2018,44(10):1506-1516.
- [10] 鲁晋秀,闫秋艳,杨峰,等.土壤硒含量显著影响黑小麦与普通小麦的硒吸收[J].生态环境学报,2018,27(10):1966-1971.
- [11] 朱兆良.农田中氮肥的损失与对策[J].土壤与环境,2000,9(1):1-6.
- [12] 刘宾,赵亮,张坤普,等.小麦株高发育动态 QTL 定位[J].中国农业科学,2010,43(22):4562-4570.
- [13] 李正鹏,宋明,冯浩.水氮耦合下冬小麦 LAI 与株高的动态特征及其与产量的关系[J].农业工程学报,2017,33(4):195-202.
- [14] 孔东,晏云,段艳,等.不同水氮处理对冬小麦生长及产量影响的田间试[J].农业工程学报,2008,24(12):36-40.
- [15] 杨明晓,吴伟,张钧浩,等.不同追氮时期对强筋小麦产量、品质及氮素吸收利用的影响[J].河北农业大学学报,2020,43(2):11-18.
- [16] 吕冰,范仲卿,常旭虹,等.施氮量对2个粒色小麦产量及加工品质的影响[J].核农学报,2017,31(6):1192-1199.
- [17] 杨延兵,高荣岐,尹燕桦,等.不同品质类型冬小麦籽粒产量和品质性状对氮肥的响应[J].麦类作物学报,2004,24(2):97-102.
- [18] 赵广才,常旭虹,杨玉双,等.施氮量和比例对冬小麦产量和蛋白质组分的影响[J].麦类作物学报,2009,29(2):294-298.
- [19] 朱新开,郭文善,周正权,等.氮肥对中筋小麦扬麦10号氮素吸收、产量和品质的调节效应[J].中国农业科学,2004,37(12):1831-1837.
- [20] 孙传范,戴廷波,曹卫星.不同施氮水平下增铵营养对小麦生长发育和氮素利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2003,9(1):33-38.
- [21] 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子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.
- [22] 赵满兴,周建斌,杨绒,等.不同施氮量对旱地不同品种冬小麦氮素累积,运输和分配的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(2):143-149.
- [23] Wang H,McCaig T N,DePauw R M, et al. Physiological characteristics of recent Canada western red spring wheat cultivars: components of grain nitrogen yield [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2003,83(4):699-707.
- [24] 王月福,姜东,于振文,等.高低土壤肥力下小麦基施和追施氮肥的利用效率和增产效应[J].作物学报,2003,29(4):491-495.
- [25] 赵俊晔,于振文.高产条件下施氮量对冬小麦氮素吸收分配利用的影响[J].作物学报,2006,32(4):484-490.

(上接第39页)

为6.9%、12.8%、14.3%、23.9%;农科大8号折合667 m²产量396.5 kg,较延科288、五单2号、中金368、冠玉7号分别增产18.5 kg、38.3 kg、43.2 kg、70.4 kg,增幅分别为4.9%、10.7%、12.2%、21.6%;延科288折合667 m²产量378.0 kg,较五单2号、中金368、冠玉7号分别增产19.8 kg、24.5 kg、51.9 kg,增幅分别为5.5%、7.0%、15.9%;五单2号折合667 m²产量358.2 kg,较中金368、冠玉7号分别增产4.9 kg、32.1 kg,增幅分别为1.4%、9.8%。玉米-大豆间作群体中,由于玉米植株高大,种植带边行优势明显增加,能够接收更多的阳光,所以干物质累积量及转化率明显高于单作^[4],在玉米-大豆带状复合种植时,种子选择尤为重要。复合种植就是在保证玉米产量的前提下,可多收一茬大豆。选种时要综合考虑当地的土壤质地、气候条件、主推品种等诸多因素,玉米种子宜选用紧凑或半紧凑型、耐密植、抗逆性强、丰产性好的品种^[5]。勉县2020~2022年连续三年大田玉米测产平均产量在345~

365 kg/667 m²之间,6个参试品种除冠玉7号外均高于或相当大田产量水平,达到了在玉米-大豆带状复合种植模式下玉米不减产的目标,分析认为,在复合种植模式下,玉米品种主推登海605、农科大8号和延科288,搭配种植五单2号、中金368。

参 考 文 献:

- [1] 杨文钰,雍太文,王小春,等.玉米-大豆带状复合种植技术[M].北京:科学出版社,2021.
- [2] 刘婷,李琰聪,邵立斌,等.云南保山示范推广玉米-大豆带状复合种植技术的思考[J].中国种业,2023(4):44-45.
- [3] 张敏.玉米-大豆带状复合种植技术[J].智慧农业导刊,2022,2(11):64-66.
- [4] 高阳,段爱旺,刘祖贵,等.间作种植模式对玉米和大豆干物质积累与产量组成的影响[J].中国农学通报,2009,25(2):214.
- [5] 邹灿,刘飞.浅谈丘陵山区玉米-大豆带状复合种植技术[J].基层农技推广,2023,11(1):47-48.