

不同筋型小麦品种对氮素的吸收特征研究

宋艳玲 谢焕鑫 杨梦想 王英鹏 肖 婷 李俊一 陈 庆

(河南省开封市种业发展中心, 开封 475000)

摘要:为探明不同氮素水平下小麦氮素吸收的特征,以强筋小麦(郑麦 182 和济麦 60)和中筋小麦(郑麦 918 和济麦 22)为试验材料,并以硝酸铵为氮源设置低氮(N1, 0.0446mmol/L)、中氮(N2, 0.4460mmol/L)和高氮(N3, 1.1160mmol/L) 3个氮素水平,测定并分析了小麦干物质量、根冠比、茎叶和根系的氮素含量,以及根系蛋白质含量和酶活性的差异。结果表明,不同氮素水平下小麦生长特性变化较大;小麦干物质量、根冠比、氮素含量、氮素积累量、根系蛋白质含量及根系谷氨酸合成酶、谷氨酰胺合成酶和谷氨酸脱氢酶活性在 N2 和 N3 水平下高于 N1 水平,而根系硝酸还原酶和亚硝酸还原酶活性则相反。此外,小麦筋型显著影响了小麦茎叶干物质量及其氮素积累量,表现为强筋小麦高于中筋小麦;在 N2 和 N3 水平下,小麦筋型对根系谷氨酰胺合成酶和亚硝酸还原酶活性有明显的调节作用。结构方程模型分析表明,氮素水平和小麦筋型对小麦根冠比、氮素含量、根系蛋白质和酶活性有直接的调节作用,进而间接地影响了小麦干物质量和氮素积累量,并分别解释了其 90.5% 和 98.4% 的变化。以上结果揭示了不同筋型小麦品种在氮素吸收过程中的差异与特征,可为制定合理有效的施肥策略提供科学依据,对促进小麦氮素利用效率和可持续生产,以及减少环境中氮素损失和氮素污染有重要的生态意义。

关键词:中筋小麦;强筋小麦;氮素;干物质量;氮素积累量;酶活性

Study on Characterization of Nitrogen Uptake in Different Gluten Wheat Varieties

SONG Yanling, XIE Huanxin, YANG Mengxiang, WANG Yingpeng,

XIAO Ting, LI Junyi, CHEN Qing

(Kaifeng Seed Industry Development Center, Kaifeng 475000, Henan)

小麦是世界上最重要的粮食作物之一,因其富含碳水化合物、矿物质(如锌、铁)和维生素,且蛋白质含量高于其他主要粮食作物,如水稻、玉米、黑麦和小米,而成为人们良好且主要的营养来源^[1-3]。根据不同湿面筋含量,小麦被广泛用于制作面包、面食和其他烘焙产品^[4]。因此,保障小麦优质、高产、高效并重发展对于维护国家粮食安全具有重要意义。小麦生长对氮素有绝对需求,氮素不仅在产量方面有关键作用,而且在品质方面也有突出贡献^[5]。合理施用氮肥是小麦优质、高效生产的重要保障^[6-7],过低或过高的氮肥施用量均对于小麦产量和品质的

协同提升有不利的影响^[8-9]。

氮肥施入土壤后,主要以铵态氮和硝态氮的形式存在,通过铵态氮转运蛋白和硝态氮转运蛋白系统被根系吸收,以保障作物生长发育^[3]。其中,谷氨酸合成酶、谷氨酰胺合成酶、谷氨酸脱氢酶、硝酸还原酶和亚硝酸还原酶主要参与了氮素的代谢同化过程^[10-12]。氮素水平对小麦氮素代谢相关酶活性有明显的调节作用^[1,3]。研究表明,在较高氮素条件下,小麦氮素代谢过程相关酶活性通常较高,这有助于小麦更高效地吸收利用氮素;过低或过高的氮素水平可能会降低某些酶活性,影响小麦的代谢效率和生长过程^[13]。此外,不同筋型小麦品种对氮素管理的响应也有较大差异^[14],但关于不同筋型小麦品种

氮素吸收与氮素代谢相关酶活性关系的研究尚不深入。鉴于此,本研究以强筋和中筋小麦品种为试验材料,通过水培法研究不同氮素供应水平下,小麦对氮素吸收的特征,并揭示根系氮代谢酶活性的潜在作用,以期为指导小麦优质、高效生产提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 本研究选用2个强筋小麦品种(郑麦182和济麦60)和2个中筋小麦品种(郑麦918和济麦22)进行水培试验。以上4个小麦品种均通过了国家审定,并在我国黄淮海地区广泛种植。

1.2 试验设计 选择饱满均匀的小麦种子,在20%的过氧化氢溶液中浸泡10min,之后用纯水冲洗干净,以确保种子的均匀性和无菌性。将小麦种子置于铺有灭菌湿润滤纸的无菌培养皿中,用灭菌湿润滤纸覆盖,并在培养箱中恒温(25℃)孵育,直至小麦种子发芽。发芽后,将其移植到包有锡箔纸的50mL离心管中,并根据以下控制条件在光温培养箱中培养:温度为25℃,相对湿度为65%±5%,光周期为16h光照/8h黑暗。

以硝酸铵为氮源,配置0.0446mmol/L(N1,低氮水平)、0.4460mmol/L(N2,中氮水平)和1.1160mmol/L(N3,高氮水平)的溶液浓度,且所有氮素水平处理中其他元素含量均保持一致(磷酸二氢钾:0.0446mmol/L,硫酸镁:0.4460mmol/L,氯化钾和氯化钙:0.6700mmol/L)。为了确保试验可靠性,每一氮素水平条件下,各小麦品种均移植10株小麦,以确保生物学重复。在培养过程中,每隔3d更换营养液,直至小麦植株第3片叶完全展开。

1.3 样品采集及指标测定 于小麦3叶期,在每个处理中随机选取长势一致的6株小麦,将完整植株取出,用纯水冲洗根系并将根系表面水分吸干,分成根系和茎叶两个部位。其中,3株用于测定根冠比、干物质量和氮素含量,另外3株用于测定根系蛋白质含量和酶活性。

将采集的3株小麦植株样品,分别称量新鲜根系和茎叶部分的重量,用来计算小麦植株根冠比。随后将该植株样品在105℃杀青30min,之后在85℃烘干至恒重,称取重量,即为干物质量。将烘干后的小麦植株样品粉碎,利用凯氏定氮法测定植株氮素含量。此外,利用考马斯亮蓝G250染色法测定小麦根系蛋白质含量,同时采用植物氮利用系

列生化试剂盒(苏州科铭生物技术有限公司)测定小麦根系谷氨酸合成酶(GOGAT)、谷氨酸脱氢酶(GDH)、谷氨酰胺合成酶(GS)、硝酸还原酶(NR)和亚硝酸还原酶(NiRs)活性。

1.4 数据处理与分析 采用Excel 2016和SPSS 23软件对试验数据进行统计分析,并利用Duncan新复极差法在0.05水平上对试验数据进行显著性检验。采用Origin 2018软件对结果进行可视化,采用R软件中的“lavaan”包构建结构方程模型。

2 结果与分析

2.1 不同氮素水平对小麦生长特性的影响 不同氮素水平对小麦干物质量、根冠比、氮素含量和氮素积累均有显著影响(表1)。由表2可知,在N2和N3水平下,不同筋型小麦品种的根冠比、氮素含量和氮素积累量均显著高于N1水平,茎叶干物质量在N2和N3水平下较N1水平分别高出3.14%~6.19%和3.49%~8.94%,根系干物质量分别高出13.39%~18.57%和14.02%~23.25%,根冠比分别高出11.97%~15.42%和21.02%~24.41%,茎叶氮素含量分别高出8.01%~9.93%和9.81%~12.29%,根系氮素含量分别高出6.49%~8.57%和10.24%~13.16%,茎叶氮素积累量分别高出11.39%~16.75%和14.02%~22.33%,根系氮素积累量分别高出23.10%~27.96%和28.15%~37.64%。在同一氮素水平下,不同筋型小麦品种的茎叶干物质量和茎叶氮素积累量均有显著差异,且强筋小麦显著高于中筋小麦,其他指标的变化没有明显规律。此外,氮素水平和小麦品种的交互作用仅对小麦根系干物质量有显著影响($R^2=0.963$, $P=0.039$)。

2.2 不同氮素水平对小麦根系蛋白质和酶活性的影响 不同氮素水平对小麦根系蛋白质含量和酶活性有显著影响(表3)。由表4可知,不同筋型小麦品种的根系蛋白质含量均随着氮素浓度的增加而增加,其含量在N2和N3水平下较N1水平分别高出29.01%~41.68%和38.61%~48.11%,在N3水平下较N2水平高出4.17%~7.44%。随着氮素水平增加,小麦根系GOGAT、GDH和GS活性整体上增加,而NR和NiRs活性降低。在N2和N3水平下,根系GOGAT活性较N1水平分别高出13.22%~15.03%和13.52%~17.74%,根系GDH活性分别高出10.65%~14.45%和12.26%~15.57%,根系GS活性分别高出19.02%~26.38%和13.19%~

表 1 不同氮素水平对冬小麦生长特性的影响方差分析

因素	干物质量		根冠比	氮素含量		氮素积累量	
	茎叶	根系		茎叶	根系	茎叶	根系
氮素	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
品种	<0.001	<0.001	0.001	0.001	<0.001	<0.001	0.104
氮素 × 品种	0.052	0.039	0.710	0.306	0.124	0.054	0.077
R ²	0.929	0.963	0.969	0.980	0.980	0.972	0.979

表 2 不同氮素水平对冬小麦生长特性的影响

氮素水平	品种	干物质量(mg)		根冠比	氮素含量(g/kg)		氮素积累量(mg)	
		茎叶	根系		茎叶	根系	茎叶	根系
N1	郑麦 182	63.19 ± 0.46Ba	16.96 ± 0.26Ba	0.26 ± 0.01Ca	33.61 ± 0.39Ba	35.15 ± 0.18Cb	2.12 ± 0.03Ba	0.60 ± 0.01Ba
	郑麦 918	59.25 ± 0.53Bb	16.03 ± 0.33Bb	0.26 ± 0.01Ca	33.05 ± 0.06Cb	35.47 ± 0.28Cb	1.96 ± 0.02Bb	0.57 ± 0.01Cb
	济麦 60	62.71 ± 1.56Ba	16.95 ± 0.18Ba	0.26 ± 0Ca	33.83 ± 0.27Ba	35.42 ± 0.23Cb	2.12 ± 0.06Ba	0.60 ± 0.01Ba
	济麦 22	58.00 ± 0.59Cb	15.99 ± 0.24Cb	0.27 ± 0.01Ca	32.98 ± 0.17Cb	36.30 ± 0.44Ca	1.91 ± 0.02Cb	0.58 ± 0.01Cab
N2	郑麦 182	65.24 ± 0.34Aa	19.96 ± 0.11Aa	0.30 ± 0Bab	36.71 ± 0.38Aa	38.16 ± 0.17Ba	2.40 ± 0.02Aa	0.76 ± 0.01Aa
	郑麦 918	62.38 ± 1.02Ab	18.90 ± 0.18Ab	0.30 ± 0Ba	36.17 ± 0.25Ba	38.50 ± 0.45Ba	2.26 ± 0.05Ab	0.73 ± 0.01Bb
	济麦 60	64.68 ± 0.79ABa	19.22 ± 0.26Ab	0.29 ± 0Bb	36.54 ± 0.35Aa	38.45 ± 0.51Ba	2.36 ± 0.03Aa	0.74 ± 0.02Aab
	济麦 22	61.58 ± 1.06Bb	18.96 ± 0.28Bb	0.31 ± 0.01Ba	36.25 ± 0.26Ba	38.66 ± 0.13Ba	2.23 ± 0.05Bb	0.73 ± 0.01Bb
N3	郑麦 182	65.40 ± 0.58Aa	19.86 ± 0.50Aa	0.32 ± 0Ab	37.03 ± 0.17Aa	39.10 ± 0.26Ab	2.42 ± 0.02Aa	0.78 ± 0.02Aa
	郑麦 918	63.03 ± 0.22Ab	19.51 ± 0.45Aa	0.33 ± 0.01Aab	36.73 ± 0.25Aa	40.13 ± 0.43Aa	2.32 ± 0.01Ab	0.78 ± 0.01Aa
	济麦 60	65.23 ± 0.49Aa	19.32 ± 0.54Aa	0.32 ± 0.01Ab	37.14 ± 0.43Aa	39.81 ± 0.22Aa	2.42 ± 0.04Aa	0.77 ± 0.03Aa
	济麦 22	63.18 ± 0.32Ab	19.70 ± 0.49Aa	0.33 ± 0Aa	37.03 ± 0.16Aa	40.02 ± 0.12Aa	2.34 ± 0.01Ab	0.79 ± 0.02Aa

不同大写字母表示同一品种在不同氮素浓度下的显著差异,不同小写字母表示不同品种在同一氮素浓度下的显著差异;下同

表 3 不同氮素水平对冬小麦根系蛋白质及氮素利用相关酶活性的影响方差分析

因素	蛋白质含量	酶活性				
		GOGAT	GDH	GS	NR	NiRs
氮素	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
品种	<0.001	0.115	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
氮素 × 品种	0.196	0.768	0.918	0.013	0.058	<0.001
R ²	0.979	0.934	0.914	0.952	0.961	0.989

表 4 不同氮素水平对冬小麦根系蛋白质及氮素利用相关酶活性的影响

氮素水平	品种	蛋白质含量 (mg/g)	酶活性 [nmol/ (min · mg · Pr)]				
			GOGAT	GDH	GS	NR	NiRs
N1	郑麦 182	0.25 ± 0.01Ca	12.76 ± 0.23Ca	41.49 ± 1.17Ba	42.19 ± 0.35Ba	1551.00 ± 62.73Ab	82.49 ± 0.40Ac
	郑麦 918	0.22 ± 0.01Cb	12.35 ± 0.11Bb	39.11 ± 0.36Bb	41.08 ± 0.62Ba	1642.19 ± 61.77Ab	106.04 ± 2.12Aa
	济麦 60	0.25 ± 0Ca	12.43 ± 0.15Bb	41.48 ± 0.81Ba	40.52 ± 1.60Ba	1777.30 ± 57.47Aa	92.50 ± 3.84Ab
	济麦 22	0.22 ± 0.01Bb	12.24 ± 0.18Bb	40.48 ± 1.73Bab	37.92 ± 1.01Bb	1874.74 ± 28.75Aa	104.20 ± 3.60Aa
N2	郑麦 182	0.32 ± 0Ba	14.45 ± 0.29Ba	47.09 ± 0.92Aa	50.21 ± 1.15Aa	1191.65 ± 51.69Ba	57.26 ± 0.58Cc
	郑麦 918	0.32 ± 0Ba	14.00 ± 0.34Aa	44.76 ± 1.25Ab	46.78 ± 1.28Ab	1182.92 ± 71.34Ba	77.94 ± 0.38Ca
	济麦 60	0.32 ± 0.01Ba	14.26 ± 0.37Aa	45.90 ± 1.22Aab	51.01 ± 1.07Aa	1223.64 ± 32.60Ba	68.54 ± 2.96Bb
	济麦 22	0.32 ± 0.01Aa	14.08 ± 0.45Aa	45.62 ± 0.66Aab	47.92 ± 0.93Ab	1298.29 ± 111.45Ba	77.83 ± 0.58Ca
N3	郑麦 182	0.34 ± 0.01Aa	14.49 ± 0.27Aa	47.34 ± 1.05Aa	51.53 ± 2.53Aa	1109.46 ± 38.95Bb	62.60 ± 1.43Bb
	郑麦 918	0.33 ± 0.01Aa	14.54 ± 0.31Aa	45.20 ± 0.91Ab	46.50 ± 0.90Ab	1222.96 ± 54.03Ba	84.48 ± 1.22Ba
	济麦 60	0.35 ± 0.01Aa	14.45 ± 0.29Aa	46.57 ± 0.65Aab	51.05 ± 0.62Aa	1249.62 ± 48.27Ba	60.85 ± 0.81Cb
	济麦 22	0.33 ± 0.01Aa	14.37 ± 0.37Aa	45.62 ± 0.66Ab	47.91 ± 1.33Ab	1310.08 ± 65.39Ba	83.72 ± 0.95Ba

26.34%, 根系 NR 活性分别降低 23.19%~31.15% 和 25.53%~30.12%, 根系 NiRs 活性分别降低 25.31%~30.58% 和 19.65%~34.22%。在 N1 水平下, 不同筋型小麦品种的根系蛋白质含量和 NiRs 活性有显著差异, 强筋品种的蛋白质含量显著高于中筋品种, 但 NiRs 活性显著低于中筋品种; 在 N2 和 N3 水平下, 不同筋型小麦品种的根系 GS 和 NiRs 活性有显著差异, 强筋品种的 GS 活性显著高于中筋品种, 但 NiRs 活性显著低于中筋品种; 其余指标在不同筋型小麦间的差异无明显规律。此外, 氮素水平和小麦品种的交互作用对小麦根系 GS ($R^2=0.952, P=0.013$) 和 NiRs ($R^2=0.989, P<0.001$) 活性有显著影响。

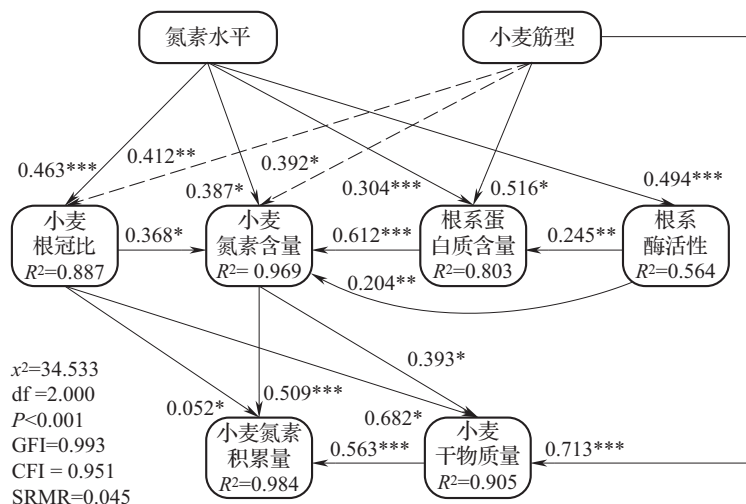
2.3 不同氮素水平和筋型对小麦生长发育的影响

由图 1 结构方程模型可见, 氮素水平和小麦筋型的综合影响分别解释了小麦根冠比变化的 88.7%, 氮素含量变化的 96.9%, 根系蛋白质含量变化的 80.3% 和根系酶活性变化的 56.4%。具体来说, 氮素水平对小麦根冠比、氮素含量、根系蛋白质含量和根系酶活性有直接的正向调节作用 ($P<0.05$); 小麦筋型对小麦根冠比和氮素含量有直接的负向调节作用, 而对根系蛋白质含量有直接的正向调节作用 ($P<0.05$)。小麦根冠比、根系蛋白质含量和根系酶活性对小麦氮素含量均有直接的正向调节作用 ($P<0.05$)。此外, 以上所述指标的综合影响分别解释了小麦干物质质量变化的 90.5% 和氮素积累量变化的 98.4%。小麦根冠比和氮素含量均对小麦干物质

量和氮素积累量有直接的正向调节作用 ($P<0.05$); 小麦筋型仅对干物质质量有直接的正向调节作用 ($P<0.001$), 且小麦干物质质量对氮素积累量有直接的正向调节作用 ($P<0.001$)。由此可以看出, 氮素水平和小麦筋型主要通过直接影响小麦根冠比和氮素含量来间接影响小麦干物质质量和氮素积累量。

3 讨论与结论

适宜的氮肥施用量对促进小麦生长和提升产量至关重要。研究表明, 在一定范围内, 适当增加氮肥施用量可以提高小麦干物质质量和氮素含量^[3], 与本文研究结果一致, 主要是因为合理的氮肥施用量能够促进小麦根系氮素转运蛋白系统相关基因的表达, 将介质中更多的氮素转运到根系, 以促进小麦体内相关生理生化过程及其生长发育, 进而增加小麦的氮素含量和干物质质量^[1,3,8]。根系是作物吸收养分的直接器官, 外界养分条件能够直接影响根系酶活性, 以调节作物对养分的吸收利用效率^[10]。根系谷氨酸合成酶、谷氨酸脱氢酶和谷氨酰胺合成酶在无机氮转化为有机氮的过程中发挥了重要作用。本研究发现, 小麦根系谷氨酸合成酶、谷氨酸脱氢酶和谷氨酰胺合成酶在低氮水平下较中高氮水平活性低, 主要是因为提高氮素水平增加了根系对氮素的吸收利用, 促进了根系氮素转化过程, 进而增加了根系谷氨酸合成酶、谷氨酸脱氢酶和谷氨酰胺合成酶活性^[11-12,15]。根系硝酸还原酶和亚硝酸还原酶主要催化硝酸盐转化为铵, 参与合成氨基酸过程, 在作



实线表示正向调节作用, 虚线表示负向调节作用; 箭头附近的数字表示标准化路径系数; * 表示 $P<0.05$, ** 表示 $P<0.01$, *** 表示 $P<0.001$; R^2 表示解释每个因变量变化的比例, GFI 表示模型优度拟合指数, CFI 表示模型比较拟合指数, SRMR 表示模型标准化均方根残差

图 1 氮素水平和小麦筋型对小麦氮素吸收特征的影响

物的氮循环和生长发育中有重要作用。在低氮水平下,根系硝酸还原酶和亚硝酸还原酶活性较高,这可能与植物在氮缺乏时通过增加硝酸还原酶的活性来增强硝酸盐的摄取和利用有关;相反,根系硝酸还原酶和亚硝酸还原酶活性在高氮水平下有所降低,这主要是由于氮的充足供应减少了硝酸盐还原的必要性^[15]。此外,不同筋型小麦对氮素的吸收和利用存在差异,这主要体现在品种的遗传特性和生长环境上,具体表现为根系特性和基因表达方面的差异^[8-9,14]。本研究还发现,小麦根冠比受到小麦筋型和氮素水平的综合影响。综上所述,小麦生长特性受氮素水平的影响较大,同时对不同筋型具有一定的响应,氮素水平和小麦筋型主要通过直接影响小麦根冠比和氮素含量来间接影响小麦干物质质量和氮素积累量。

参考文献

- [1] Zöhr C, Ludewig U, Hawkesford M J. Perspective on wheat yield and quality with reduced nitrogen supply. *Trends in Plant Science*, 2018, 23 (11): 1029-1037
- [2] 王慧, 张晓, 朱冬梅, 刘大同, 高致富, 李曼, 李东升, 高德荣. 氮肥运筹对晚播强筋小麦产量及品质的效应. *麦类作物学报*, 2024, 44 (10): 1294-1302
- [3] Li H Q, Zhu X B, Wang J J, Wei Y H, Nai F R, Yu H D, Wang X C. Unraveling differential characteristics and mechanisms of nitrogen uptake in wheat cultivars with varied nitrogen use efficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2024, 206: 108278
- [4] 王瑞, 张永科, 郭勇, 孔令让, 胡希远. 小麦不同阶段产品品质性状的变异及其关系. *麦类作物学报*, 2018, 38 (8): 900-905
- [5] 魏鹏, 张培文, 李文阳, 闫素辉. 氮肥对不同类型小麦产量与品质的影响及调控差异. *江汉大学学报: 自然科学版*, 2023, 51 (5): 24-31
- [6] 聂浩亮, 黄少辉, 杨军芳, 张静, 杨云马, 卢萍萍, 岳增良, 贾良良. 氮肥管理及氮素形态对强筋冬小麦产量、品质及氮肥利用效率的影响. *麦类作物学报*, 2024, 44 (12): 1-9
- [7] 张建华, 解丽丽, 裴磊, 秦悦, 张定一. 不同施氮措施对强筋小麦生长、产量和品质的调控效应. *农业科技通讯*, 2023 (11): 44-47
- [8] 李雪萌, 杨梅, 秦保平, 李赛星, 郝倩倩, 石彩云, 张敏, 蔡瑞国, 杨敏. 施氮量对强筋小麦物质积累与籽粒产量的影响. *麦类作物学报*, 2023, 43 (5): 609-622
- [9] 靳海洋, 张素瑜, 崔静宇, 李向东, 岳俊芹, 张德奇, 杨程, 方保停, 王汉芳, 秦峰. 不同施氮措施对强筋和中强筋小麦品质的调控效应. *作物杂志*, 2023 (1): 212-218
- [10] 黄国存, 田波. 高等植物中的谷氨酸脱氢酶及其生理作用. *植物学通报*, 2001, 18 (4): 396-401
- [11] Li H, Hu B, Chu C. Nitrogen use efficiency in crops: lessons from Arabidopsis and rice. *Journal of Experimental Botany*, 2017, 68 (10): 2477-2488
- [12] 王月福, 于振文, 李尚霞, 余松烈. 氮素营养水平对冬小麦氮代谢关键酶活性变化和籽粒蛋白质含量的影响. *作物学报*, 2002, 28 (6): 743-748
- [13] Li Q, Song H L, Zhou T, Pei M N, Wang B, Yan S X, Liu Y Q, Wu P J, Hua Y P. Differential morpho-physiological, ionic, and phytohormone profiles, and genome-wide expression profiling involving the tolerance of allohexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) to nitrogen limitation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2024, 72 (7): 3814-3831
- [14] 马瑞琦, 王德梅, 陶志强, 王艳杰, 杨玉双, 赵广才, 王振林, 常旭虹. 不同筋型小麦干物质和氮素积累对追施氮量的响应. *植物营养与肥料学报*, 2022, 28 (4): 622-631
- [15] Kuypers M M M, Marchant H K, Kartal B. The microbial nitrogen-cycling network. *Nature Reviews Microbiology*, 2018, 16 (5): 263-276

(收稿日期: 2024-11-29)

(上接第 92 页)

地区,大力宣传津原 U99 等米质优良的香稻品种,举办品鉴会、农超对接活动,提升产品附加值。利用互联网、新媒体平台开展线上品种推介,邀请种植大户、农业专家直播分享种植经验与品种优势;同时,组织线下观摩会,让种植户直观感受不同粳稻品种在田间的实际表现,提高种植户选用适宜品种的积极性,扩大优势品种种植面积,优化产业布局。

参考文献

- [1] 苏京平, 刘浩. 天津市水稻品种审定和应用概况. *天津农业科学*, 2015 (6): 88-91
- [2] 丁宏亮. 天津市黄庄镇小站稻品牌建设与市场推广策略. *南方农业*, 2024, 18 (9): 114-116
- [3] 今晚报. 目前天津市小站稻种植面积突破 100 万亩, 预计今年产量可达 60 万吨——让更多市民吃上优质小站稻. (2023-12-15) [2024-12-19]. <http://news.enorth.com.cn/system/2023/12/15/054827506.shtml>
- [4] 张俊英. 天津市种业现状与对策研究. 北京: 中国农业大学, 2003
- [5] 吕凤, 杨帆, 范滔, 刘京, 李乾, 王林刚, 龙晓波. 1977-2018 年水稻品种审定数据分析. *中国种业*, 2019 (2): 29-40
- [6] 李丽君, 王雪娇, 聂丽娜, 融晓萍, 周璇. 内蒙古自治区 2006~2020 年审定水稻品种分析研究. *北方水稻*, 2022, 52 (2): 19-23

(收稿日期: 2024-12-19)