

朱倩,孟自力,倪雪峰,等. 施氮量对不同筋型小麦光合特性、品质及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(3):131-137.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.03.020

施氮量对不同筋型小麦光合特性、品质及产量的影响

朱倩,孟自力,倪雪峰,朱伟,闫向泉
(商丘市农林科学院,河南商丘 476000)

摘要:为探究氮肥对小麦光合特性、品质和产量的影响,确定小麦最佳施氮量,以轮选 145(中筋)、轮选 49(中强筋)、中麦 578(强筋)、商麦 167(中筋)为试验材料,设置 N0(0 kg/hm²)、N1(90 kg/hm²)、N2(180 kg/hm²)、N3(270 kg/hm²)、N4(360 kg/hm²)5个氮肥处理,研究施氮量对小麦叶绿素(SPAD值)、叶面积指数(LAI)、光合特性、品质和产量的影响。结果表明,随着施氮量增加,轮选 145 叶片 SPAD 值、LAI、净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)均呈现出不断增加的趋势,轮选 49、中麦 578、商麦 167 呈先增后降趋势,其中轮选 49、中麦 578 峰值在 N3 处理,商麦 167 峰值在 N2 处理或 N3 处理,且施氮处理均高于 N0 处理;胞间 CO₂ 浓度(C_i)变化趋势与 P_n 、 G_s 、 T_r 相反。增加施氮量能提高 4 个品种的蛋白含量、湿面筋含量和稳定时间,轮选 145 和商麦 167 各指标在 0~360 kg/hm² 范围内随施氮量的增加而增加,轮选 49 和中麦 578 在 0~270 kg/hm² 范围内随施氮量增加而增加。轮选 145 籽粒产量在 N4 处理达到最高,轮选 49 和中麦 578 产量在 N3 处理达到最高,商麦 167 产量在 N2 处理达到最高,最大籽粒产量表现为商麦 167 > 轮选 145 > 轮选 49 > 中麦 578,且同一氮肥处理下商麦 167 产量均高于其他品种,说明商麦 167 氮肥适应力强,轮选 145、中麦 578、商麦 167 在低氮(N1)处理的籽粒产量较 N0 处理分别提升 52.93%、84.03%、49.02%,说明这 3 个品种氮肥利用效率高;随着施氮量增加,轮选 145、商麦 167 穗数、穗粒数、千粒质量增加,轮选 49、中麦 578 穗数、穗粒数增加,说明轮选 145、商麦 167 产量提高主要依靠产量 3 因素协调,轮选 49、中麦 578 产量提高主要依靠穗数和穗粒数。综合考虑光合特性、品质和产量等指标,轮选 49、中麦 578 高产优质的最佳施氮量为 270 kg/hm²,轮选 145 最佳施氮量为 360 kg/hm²,商麦 167 最佳施氮量为 180 kg/hm²。

关键词:施氮量;光合特性;品质;产量;小麦

中图分类号:S512.106 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)03-0131-07

小麦是我国三大粮食作物之一,在全国粮食生

产中占据重要地位,保障其高产对我国粮食安全具有重要意义^[1]。近年来,随着人们物质生活水平的日益提高,我国小麦的供需结构也由原来的数量向质量转变,市场上对不同品质优质专用小麦的需求不断上升。因此,大力发展高产与优质并重的小麦生产对深化农业供给侧结构性改革意义重大^[2-3]。小麦品质和产量的形成除了受自身遗传基因的控制,还受外界生长环境和栽培措施等诸多因素的影

收稿日期:2023-03-24

基金项目:河南省现代农业(小麦)产业技术体系项目(编号:HARS-22-01-Z5);河南省农业(小麦)良种攻关项目(编号:2022010103)。

作者简介:朱倩(1989—),女,河南商丘人,硕士,助理研究员,主要从事小麦栽培与育种研究。E-mail:602572302@qq.com。

通信作者:朱伟,硕士,研究员,主要从事小麦栽培与育种研究。E-mail:hn-zhwei@163.com。

烟草促生作用研究[D]. 洛阳:河南科技大学,2022:12,45.

[48]陈建妙,曹英建,瞿金旺,等. 哈茨木霉对黑麦草气体交换和生长发育的影响[J]. 北方园艺,2023(4):53-59.

[49]张紫瑶,谈 楹,樊 航,等. 绿色木霉和枯草芽孢杆菌对番茄苗期根系形态及土壤速效养分的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(9):111-115.

[50]李迪秦,任 铮,祝 利,等. 土壤调理剂与枯草芽孢杆菌菌剂配施对烟草生长发育及病害的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(10):88-94.

[51]高峰,尤垂淮,刘朝科,等. 施用微生物菌剂对烤烟经济性状

及其根际微生态变化的影响[J]. 福建农业学报,2014,29(12):1230-1235.

[52]张 良,刘好宝,顾金刚,等. 复合菌剂与有机无机肥配施对烤烟生长及产量品质的影响[J]. 烟草科技,2013(12):67-73.

[53]陈雅琼,刘 海,田临卿,等. 土壤消毒结合微生态修复对烤烟生长及其主要病害的影响[J]. 贵州农业科学,2023,51(2):35-41.

[54]毛多斌,黄晓玉,周利峰,等. 枯草芽孢杆菌分离鉴定及其对烟叶化学成分和吸味品质的影响[J]. 烟草科技,2022,55(8):10-19.

响^[4-5],在诸多栽培措施中,氮肥是影响小麦产量和品质的关键因素^[6-7]。近年来,小麦生产中氮肥施用量逐年上升,过量施氮造成小麦“贪青”“晚熟”等现象,同时也导致养分利用效率低、土壤污染、水体富营养化等问题^[8],因此生产中应合理施用氮肥。

根据品质不同,可以将小麦分为强筋、中强筋、中筋、弱筋4种类型,不同筋型小麦光合特性、品质和产量对氮肥调控的响应不同。研究表明,施氮量在180 kg/hm²时,弱筋小麦品质、产量最优;施氮量在210~270 kg/hm²范围时,强筋小麦品质、产量最优^[9-10]。徐凤娇等的研究表明,0~300 kg/hm²范围内增施氮肥能有效缓解叶绿素降解,0~270 kg/hm²范围内增施氮肥能提高强筋、中筋小麦蛋白质产量和籽粒产量,0~180 kg/hm²范围内增施氮肥能有效延长面团形成时间和稳定时间^[11]。孙梦等研究了强筋、中筋小麦在高肥力、中肥力、低肥力条件下产量和品质对氮肥的响应,认为施氮量在180 kg/hm²时高肥力田产量最高,施氮量在240 kg/hm²时,中肥力、低肥力田产量最高,施氮量

在240 kg/hm²时不同筋型小麦在3种肥力条件下品质均最优^[12]。姚艳荣等对河北省长期定位施氮条件下中筋、强筋、超强筋小麦适宜施氮量进行研究,认为施氮180 kg/hm²为最优施氮处理,能实现小麦高产、高效、优质和生态安全的统一^[12]。前人对优质小麦适宜施氮量有了一定的研究,但不同地区、不同品种间差异较大,本试验以商丘市大面积种植的强筋、中强筋、中筋小麦为试验材料,研究施氮量对小麦光合特性、品质和产量的影响,以期对商丘市小麦优质高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地与供试材料

试验于2021—2022年在商丘市农林科学院薛庄试验基地(海拔50.1 m,34°31'N,115°42'E)进行。其土质为两合土,0~20 cm耕层土壤有机质含量2.44%,速效氮含量53.38 mg/kg,速效磷含量42.37 mg/kg和速效钾含量174 mg/kg。2021年10月至2022年6月小麦生育期间试验地降水量及气温如图1所示。

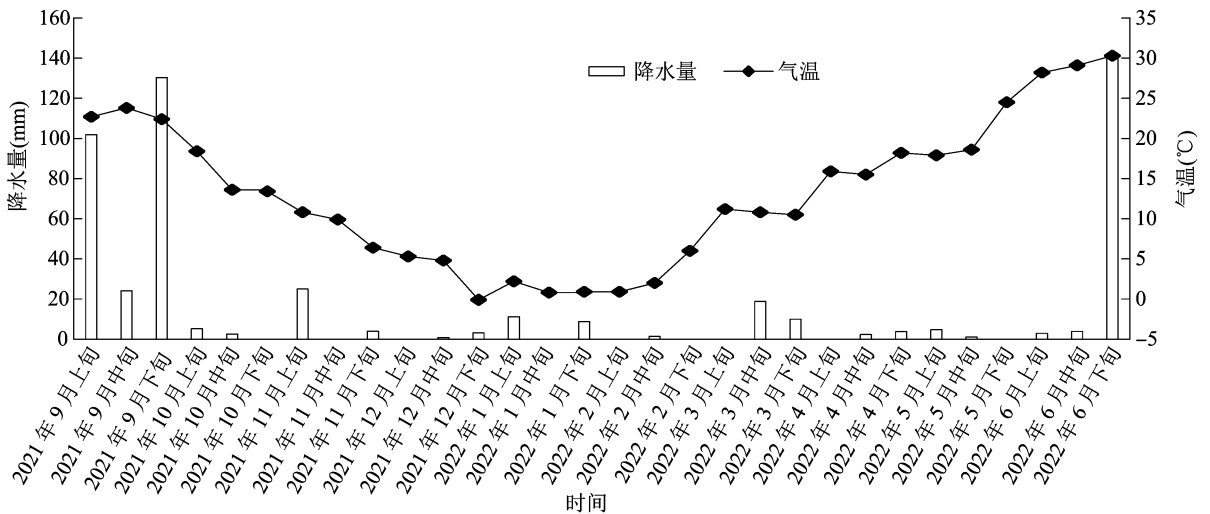


图1 2021—2022年小麦生育期降水量和气温

1.2 试验设计

试验采用2因素裂区设计,主区设5个氮素水平,分别为N0(0 kg/hm²)、N1(90 kg/hm²)、N2(180 kg/hm²)、N3(270 kg/hm²)、N4(360 kg/hm²),氮肥(尿素,N含量46%)分2次施入,基肥:追肥为5:5,追肥时期在拔节期;磷肥(过磷酸钙,P₂O₅含量12%)、钾肥(硫酸钾,K₂O含量50%)、有机肥(鸡粪)均在播前一次性基施,施用量分别为90、90、1200 kg/hm²。副区设4个品种,分别为轮选145

(中筋)、轮选49(中强筋)、中麦578(强筋)、商麦167(中筋)。基本苗为270万株/hm²,小区面积为13.5 m²(1.5 m×9.0 m),3次重复,共60(5×4×3)个小区。出苗后每小区选取1个1 m 双行固定样点,供各生育期调查及成熟期取样考种。其他管理同一般高产田。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积指数(LAI) 分别于拔节期、开花期、成熟期选取生育进程相同的小麦,用CY-G10

叶面积仪测定植株叶面积指数。

1.3.2 叶绿素含量(SPAD 值) 分别于拔节期、开花期、成熟期选取 20 株生育进程相同的小麦,用便携式 SPAD-502Plus 叶绿素仪进行测定,以 SPAD 值表示叶绿素相对含量,拔节期测量倒 2 叶,开花期、成熟期测量旗叶,取平均值作为叶片的 SPAD 值。

1.3.3 光合特性参数 采用 Li-6400 便携式光合测定仪测定开花期、灌浆后期小麦旗叶的净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)。每小区选取同一花期的 10 张叶片进行测定,于晴朗天气 09:00—11:00 在外加光源为红蓝光下进行测定。

1.3.4 籽粒品质指标 采用近红外谷物分析仪(Perten、IM7400 型、瑞典)测定小麦籽粒粗蛋白(干基)含量、湿面筋(湿基)含量、吸水率、稳定时间。

1.3.5 产量及其构成要素 成熟期调查 1 m 双行样段内的穗数,计算出单位面积穗数。各处理选取长势均匀区域随机取样 20 株,进行室内考种。小区全部收割计产,折算出产量。

1.4 数据分析

用 Excel 2017 进行数据整理、计算、绘图,用 SPSS 软件进行数据分析,采用 LSD 法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

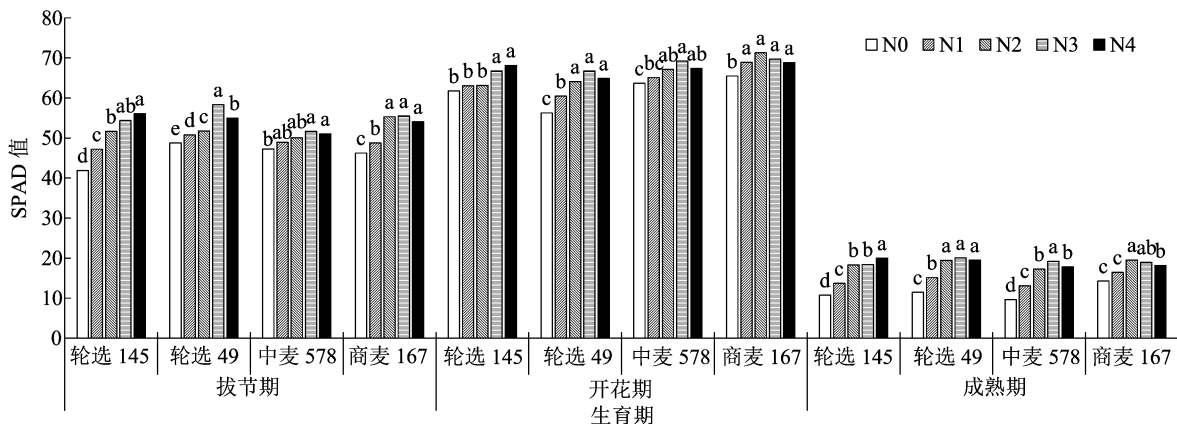
2.1 施氮量对不同筋型小麦叶片 SPAD 值的影响

由图 2 可知,随着生育进程的推进,不同品种小麦 SPAD 值均表现出先升后降的趋势,且均在开花期达到最大值。同一品种同一生育期下,增施氮肥能显著提高叶片 SPAD 值($P < 0.05$),但是不同品

种对施氮量的响应不同,轮选 145 叶片 SPAD 值随施氮量的增加而升高,以 N4 处理最大,且显著高于 N0、N1、N2 处理;轮选 49、中麦 578、商麦 167 叶片 SPAD 值随施氮量的增加呈先增后降的趋势,其中轮选 49、中麦 578 在 N3 处理达到最大值,表现为 N3 处理 > N4 处理 > N2 处理 > N1 处理 > N0 处理,商麦 167 在 N2 处理达到最大值,且显著高于 N0 处理。成熟期各品种叶片 SPAD 值均大幅下降,轮选 145、轮选 49、中麦 578、商麦 167 成熟期平均 SPAD 值分别为 16.23、17.12、15.41、17.48,开花期平均 SPAD 值分别为 64.57、62.50、66.50、68.84,其中商麦 167 在开花期和成熟期 SPAD 期较高,为籽粒产量的形成奠定了基础。不同施氮量相比较,成熟期 N1、N2、N3、N4 处理的 SPAD 值分别较 N0 处理增加 26.60%、61.65%、66.30%、63.60%,除 N1 处理与 N0 处理差异不显著外,其他处理差异均达显著水平,说明增施氮肥能使小麦生育后期 SPAD 值维持在较高水平,从而延缓叶片衰老。

2.2 施氮量对不同筋型小麦 LAI 的影响

由图 3 可知,拔节期到开花期小麦 LAI 呈升高趋势,开花期到成熟期 LAI 则大幅下降,不同品种、不同施氮量对小麦 LAI 存在显著影响。不同品种间比较,拔节期和开花期 LAI 均表现为商麦 167 > 轮选 145 > 中麦 578 > 轮选 49,成熟期 LAI 较开花期分别下降 30.13%、38.64%、33.85%、27.01%,说明中麦 578、轮选 145 在生育后期 LAI 下降较快;整个生育期的 LAI 表现为商麦 167 > 轮选 145 > 轮选 49 > 中麦 578,商麦 167 的 LAI 在整个生育期都处在较高水平,可能为后期产量形成奠定了基础。不同施氮量相比较,轮选 145 在各生育期 LAI 均表现为随施氮量的增加而增加的趋势,轮选 49、中麦



同一品种同一生育期柱上标有不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。图 3 同

图 2 施氮量对不同生育期小麦 SPAD 值的影响

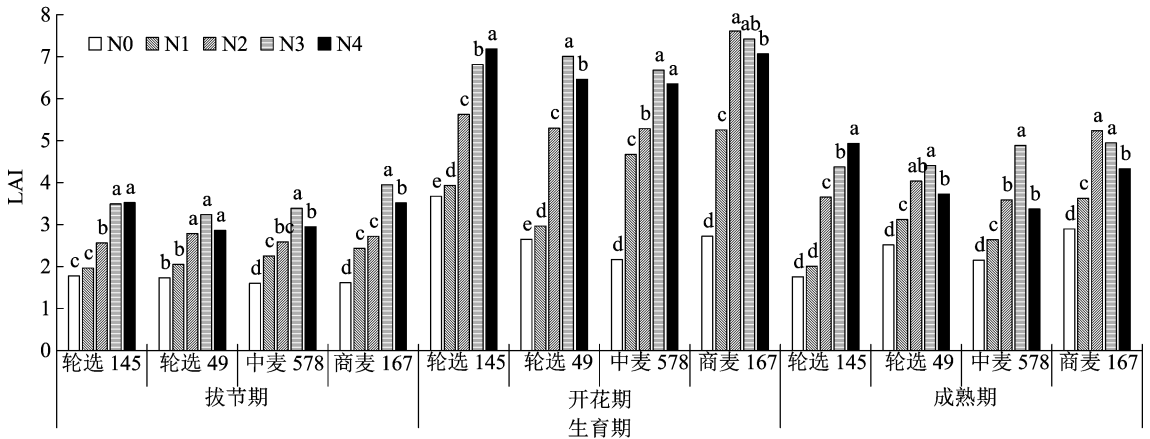


图3 施氮量对不同生育期小麦 LAI 的影响

578、商麦 167 随施氮量的增加表现出先增后降的趋势,其中轮选 49、中麦 578 在 N3 处理达到最大值,商麦 167 在 N2 或 N3 处理达到最大值;在成熟期, N1、N2、N3、N4 处理的 4 个品种小麦平均 LAI 分别较 N0 处理增加 22.24%、77.16%、99.66%、75.58%,说明增施氮肥能显著提高 LAI,延长光合作用时间。

2.3 施氮量对不同筋型小麦光合特性的影响

由表 1 可知,施氮量对不同品种小麦开花期和灌浆后期旗叶光合特性的影响趋势一致,但品种间存在差异。同一品种不同生育期, P_n 、 G_s 、 T_r 变化趋势相同。其中,随着施氮量增加,轮选 145 旗叶 P_n 、 G_s 、 T_r 均呈增加趋势,施氮处理明显高于 N0 处理;轮选 49、中麦 578 呈先升后降的趋势, N3 处理最高,且显著高于 N0 和 N1 处理;商麦 167 也呈先升后降的趋势, N2 处理最高,且显著高于 N0 处理。随着施氮量的增加,各品种 C_i 的变化趋势与 P_n 、 G_s 、 T_r 相反。

与开花期相比,灌浆后期 P_n 、 G_s 、 T_r 均下降, C_i 有所增加。其中, N0、N1、N2、N3、N4 处理的平均 P_n 分别下降 71.43%、67.38%、59.26%、57.61%、58.45%,平均 G_s 分别下降 75.13%、72.17%、67.37%、66.94%、68.27%,平均 T_r 分别下降 57.30%、47.59%、19.98%、15.59%、23.71%,平均 C_i 则分别较开花期上升 18.13%、13.05%、3.03%、2.37%、1.29%。说明增施氮肥能够延缓叶片衰老,延长光合作用持续时间。

2.4 施氮量对不同筋型小麦籽粒品质的影响

由表 2 可知,施氮量对不同筋型小麦蛋白含量、湿面筋含量、吸水率、稳定时间存在显著影响。随着施氮量增加,4 个品种稳定时间均有所增加,且施

氮处理显著大于 N0 处理(中麦 578 的 N1、N2 处理除外),吸水率呈先增后降的趋势;蛋白含量和湿面筋含量的变化趋势一致,其中轮选 145(中筋)、商麦 167(中筋)总体呈增加趋势,轮选 49(中强筋)、中麦 578(强筋)呈先增后降趋势。轮选 145、轮选 49、中麦 578、商麦 167 这 4 个品种 N1、N2、N3、N4 处理的蛋白含量分别较 N0 处理增加 19.22%、16.90%、22.42%、23.49%, 2.91%、5.30%、11.79%、8.51%, 2.47%、3.90%、12.14%、9.82%、15.80%、21.16%、25.07%、25.61%,湿面筋含量分别较 N0 增加 20.33%、17.76%、24.42%、25.02%, 3.15%、4.02%、10.49%、6.41%, 3.87%、4.41%、13.89%、11.18%、17.60%、18.54%、26.42%、26.46%。说明随着施氮量增加,强筋、中强筋小麦品质提升较慢,中筋小麦品质提升快,但总体来看中筋小麦在各氮肥水平下品质均低于强筋、中强筋小麦,且在 0~270 kg/hm² 范围内,强筋、中强筋小麦品质与施氮量呈正相关。从不同筋型小麦品质性状对氮肥的响应来看,强筋、中强筋小麦蛋白质含量、湿面筋含量和面团稳定时间受氮肥调控效应大,中筋小麦较小,氮肥对不同筋型小麦的吸水率调控效应无明显规律。

2.5 施氮量对不同筋型小麦产量及构成因素的影响

由表 3 可知,随着施氮量增加,轮选 49、中麦 578、商麦 167 籽粒产量均表现出先增后降的趋势,其中轮选 49、中麦 578 的产量最大值出现在 N3 处理(270 kg/hm²),商麦 167 最大值出现在 N2 处理(180 kg/hm²),轮选 145 产量则随施氮量的增加而不断升高,最大值出现在 N4 处理(360 kg/hm²),且 4 个品种施氮处理的籽粒产量均显著高于不施氮处理。从产量构成因素来看,轮选 145、商麦 167 这 2

表 1 施氮量对不同筋型小麦旗叶光合特性的影响

生育期	品种	处理	P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	G_s [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	C_i ($\mu\text{mol}/\text{mol}$)
开花期	轮选 145	N0	18.19cB	0.46dC	6.02cB	318.14aA
		N1	18.92bcAB	0.50cdBC	6.82bAB	314.89abA
		N2	19.83abAB	0.56bcAB	7.22abA	312.22abA
		N3	19.87abAB	0.60abA	7.29abA	307.08bAB
		N4	20.31aA	0.65aA	7.70aA	295.78cB
	轮选 49	N0	17.05cB	0.51cB	7.16cB	314.03aA
		N1	18.56bcAB	0.55bB	7.52bAB	313.22aA
		N2	19.53abA	0.61aA	7.64bA	312.64aA
		N3	20.78aA	0.63aA	7.91aA	292.67bB
		N4	19.38abAB	0.61aA	7.76abA	309.31aAB
	中麦 578	N0	18.54cA	0.46bC	6.76cB	315.67aA
		N1	19.40bcA	0.47bBC	7.37bAB	314.58aA
		N2	20.96abA	0.56aAB	7.84abA	307.33bB
		N3	21.46aA	0.62aA	8.06aA	304.56bB
		N4	21.07abA	0.61aA	7.81abA	313.17aA
	商麦 167	N0	18.67bB	0.46bB	6.99cB	315.47aA
		N1	20.80aAB	0.60aA	7.5bAB	303.00bAB
		N2	20.87aA	0.63aA	8.13aA	300.67bB
		N3	20.62aAB	0.63aA	8.10aA	306.17abAB
		N4	20.06aAB	0.62aA	8.02aA	308.06abAB
灌浆后期	轮选 145	N0	4.44eD	0.11dD	3.58cB	351.22aA
		N1	6.00dC	0.16cC	5.82bA	330.33abAB
		N2	6.51cC	0.18bBC	5.94abA	325.83bAB
		N3	7.82bB	0.19bAB	6.28aA	312.11bcB
		N4	8.97aA	0.21aA	6.34aA	299.92cB
	轮选 49	N0	4.53aA	0.11cB	2.21dC	372.44aA
		N1	5.19bB	0.14bcAB	2.76cC	352.67abAB
		N2	6.11cC	0.16bAB	5.45bB	329.06bcBC
		N3	8.52dD	0.20aA	6.69aA	305.47cC
		N4	7.40eD	0.17abAB	5.78bB	311.56cC
	中麦 578	N0	5.13dC	0.11bB	3.04dC	384.11aA
		N1	6.78cB	0.13bB	3.65cC	364.56bA
		N2	10.50aA	0.22aA	7.22aA	316.00cB
		N3	10.56aA	0.23aA	7.57aA	316.06cB
		N4	9.75bA	0.21aA	5.95bB	322.22cB
	商麦 167	N0	6.60dC	0.14cB	2.67dC	384.56aA
		N1	7.37cBC	0.16bcAB	3.08cB	360.67bA
		N2	9.96aA	0.21aA	6.06aA	299.32cB
		N3	8.17bB	0.20abAB	5.93abA	305.56cB
		N4	7.46cBC	0.20abAB	5.80bA	308.49cB

注:同一生育期同一品种不同处理数据后标有不同小写、大写字母分别表示差异达显著($P < 0.05$)、极显著($P < 0.01$)水平。下表同。

个品种穗粒数和穗数总体表现为随施氮量的增加而增加,千粒质量表现为先升后降的趋势,说明轮选 145、商麦 167 产量提高主要依靠穗数、穗粒数、

千粒质量 3 因素协调作用;轮选 49、中麦 578 这 2 个品种穗粒数和穗数随施氮量的增加呈增加趋势,千粒质量则随施氮量的增加而降低,说明轮选 49、中

表 2 施氮量对不同筋型小麦籽粒品质的影响

品种	处理	蛋白含量 (%)	湿面筋含量 (%)	吸水率 (%)	稳定时间 (min)
轮选 145	N0	11.24b	24.94b	59.19a	4.54c
	N1	13.40a	30.01a	59.45a	7.28b
	N2	13.14a	29.37a	59.64a	8.68ab
	N3	13.76a	31.03a	59.38a	8.96ab
	N4	13.88a	31.18a	59.24a	9.19a
轮选 49	N0	13.40e	30.12e	57.14e	10.91e
	N1	13.79d	31.07d	57.78d	12.56d
	N2	14.11c	31.33c	58.05b	13.61c
	N3	14.98a	33.28a	58.56a	14.62b
	N4	14.54b	32.05b	57.88c	16.27a
中麦 578	N0	13.34c	29.96d	59.75c	9.13c
	N1	13.67b	31.12c	60.22bc	9.24c
	N2	13.86b	31.28c	60.66b	9.55c
	N3	14.96a	34.12a	61.36a	11.05b
	N4	14.65a	33.31b	60.45b	12.16a
商麦 167	N0	11.01c	24.49c	58.96a	2.95d
	N1	12.75b	28.80b	59.34a	6.65c
	N2	13.34ab	29.03ab	59.42a	8.25b
	N3	13.77a	30.96a	58.76a	8.86ab
	N4	13.83a	30.97a	57.66a	9.24a

表 3 施氮量对不同筋型小麦籽粒产量及构成因素的影响

品种	处理	籽粒产量 (kg/hm ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒质量 (g)	穗数 (万穗/hm ²)
轮选 145	N0	3 552.46dC	32.47bA	45.55bcB	306.11dC
	N1	5 432.63cB	34.67aA	46.80bAB	353.33dC
	N2	7 614.20bA	33.67abA	48.17aA	491.67cB
	N3	7 743.22abA	34.50aA	45.93bcB	541.67bAB
	N4	8 102.02aA	35.13aA	44.96cB	598.33aA
轮选 49	N0	4 210.81dD	32.61aA	52.27aA	315.00cB
	N1	5 185.55cC	33.48aA	51.53aA	333.61cB
	N2	7 331.72bB	33.69aA	48.27bB	493.33bA
	N3	7 927.31aA	33.73aA	47.38bB	517.22abA
	N4	7 865.08aA	34.17aA	45.05cC	573.33aA
中麦 578	N0	3 421.97cC	24.34bB	52.27aA	336.67dC
	N1	6 297.36bB	30.73aA	51.53aA	390.00cC
	N2	7 604.70aA	31.83aA	48.27bB	473.61bB
	N3	7 606.92aA	33.06aA	47.38bB	537.22aAB
	N4	7 453.82aA	32.98aA	45.05cC	568.33aA
商麦 167	N0	4 712.94cC	30.13bB	44.46bcBC	318.06cC
	N1	7 023.45bB	37.34aA	49.46aA	353.89cBC
	N2	8 349.93aA	37.72aA	46.28bB	477.78bAB
	N3	8 275.22aA	37.99aA	43.22cdBC	553.33abA
	N4	8 296.41aA	38.15aA	41.91dC	595.56aA

麦 578 产量提高主要依靠穗粒数和穗数,提高千粒质量是进一步提高产量的潜在因素。不同品种间相比较,最大籽粒产量表现为商麦 167(中筋) > 轮选 145(中筋) > 轮选 49(中强筋) > 中麦 578(强筋),分别为 8 349.93、8 102.02、7 927.31、7 606.92 kg/hm²,说明优质强筋、中强筋小麦品种产量水平低于中筋小麦。此外,在同一氮肥处理下,商麦 167 籽粒产量均高于同其他 3 个品种,说明商麦 167 氮肥适应能力较强;轮选 145、中麦 578、商麦 167 在低氮肥 N1 处理下的产量较 N0 处理分别增加 52.93%、84.03%、49.02%,说明轮选 145、中麦 578、商麦 167 对氮肥较敏感。

3 结论与讨论

氮素是小麦生长的必需营养元素,直接影响小麦体内的可溶性蛋白水平、光合酶类的合成与活性、叶绿素的合成等,进而影响光合作用^[13]。大量研究表明,在一定范围内增施氮肥能提高叶面积指数、叶绿素含量、净光合速率、气孔导度、蒸腾速率,降低胞间 CO₂ 浓度,从而促进作物营养生长,但不同地区、不同品种间最佳施氮量存在差异^[14-16]。本研究结果表明,施氮能显著提高植株 LAI、SPAD 值、 P_n 、 G_s 、 T_r ,降低 C_i ,这与前人研究结果^[13-15]基本一致。轮选 145 植株的 LAI、SPAD 值、 P_n 、 G_s 、 T_r 随施氮量的增加而升高,在 N4 处理达到最大值,表现为 N4 处理 > N3 处理 > N2 处理 > N1 处理 > N0 处理;轮选 49、中麦 578、商麦 167 上述指标随施氮量的增加呈先增后减的趋势,轮选 49、中麦 578 在 N3 处理达到最大值,商麦 167 在 N2 处达最大值;4 个品种旗叶 C_i 值变化趋势与 P_n 、 G_s 、 T_r 相反。

小麦品质除受自身遗传因素的影响,氮肥亦起着重要作用。多数研究认为,施氮能显著提高籽粒蛋白含量、湿面筋含量和沉降值,延长面团的形成时间和稳定时间^[17-18],但是施氮量对不同筋型小麦的品质性状调控效应的研究结果不尽相同。曹承富等研究发现,施氮量对不同筋型小麦的品质性状调控效应无明显规律^[19]。朱新开等的研究表明,氮肥对不同品质类型小麦的调节幅度不同,强筋小麦品质指标受氮肥调节幅度较大,弱筋小麦则较小^[20]。本研究结果表明,适当增施氮肥能提高强筋、中强筋、中筋小麦的蛋白含量、湿面筋含量、吸水率和面团稳定时间,强筋、中强筋小麦品质达到最优的适宜施氮量是 270 kg/hm²;从不同筋型小麦

品质性状对氮肥的响应来看,强筋、中强筋小麦蛋白含量、湿面筋含量和面团稳定时间受氮肥调控效应大,中筋小麦较小,氮肥对不同筋型小麦的吸水率调控效应无明显规律。

氮肥对小麦产量和产量 3 因素均有显著的调控效应,不同筋型小麦对氮肥的响应不同^[21-22],曹承富等研究发现,强筋、中筋小麦达到最高产量的施氮量分别为 224.6、207.5 kg/hm²^[19]。朱新开等研究发现,施氮量为 180 kg/hm² 时,弱筋小麦产量最大,施氮量为 180~240 kg/hm² 时,强筋和中筋小麦产量最佳^[20]。本试验结果表明,中麦 578(强筋)、轮选 49(中强筋)的最佳施氮量为 270 kg/hm²,2 个中筋小麦品种的适宜施氮量不同,其中轮选 145 施氮量在 360 kg/hm² 时产量达最大值,商麦 167 在 180 kg/hm² 时产量达最大值,这可能与品种自身氮素利用效率有关,有待进一步研究。另外,本研究中因未施氮(N0)处理会导致品种早衰,提早成熟,造成麦粒脱落,此外收割时也容易造成小麦脱穗掉粒,实际产量偏低,与理论产量差值偏大。籽粒产量受有效穗数、穗粒数、千粒质量 3 个因素影响^[23-24]。本研究结果表明,随施氮量增加,轮选 49(中强筋)和中麦 578(强筋)穗粒数、穗数增加趋势,千粒质量呈下降趋势;轮选 145(中筋)和商麦 167(中筋)穗粒数、穗数呈增加趋势,千粒质量呈先升后降趋势。说明轮选 49 和中麦 578 籽粒产量的提高主要依靠穗粒数和穗数,轮选 145 和商麦 167 籽粒产量的提高主要依靠穗数、穗粒数、千粒质量 3 因素协调作用。

适量增施氮肥能增加不同筋型小麦叶绿素含量,促进植株光合作用,延缓叶片光合作用时间,提高小麦品质和产量。综合考虑光合特性、产量和品质,轮选 49、中麦 578 高产优质的最佳施氮量为 270 kg/hm²,轮选 145 最佳施氮量为 360 kg/hm²,商麦 167 最佳施氮量为 180 kg/hm²。

参考文献:

- [1]张欢欢,王国刚,张勇翔,等. 我国粮食生产能力区域变化特征与成因分析[J]. 中国农业科技导报,2023,25(1):6-15.
- [2]马瑞琦,王德梅,陶志强,等. 不同筋型小麦干物质和氮素积累对追施氮量的响应[J]. 植物营养与肥料学报,2022,28(4):622-631.
- [3]靳海洋,张素瑜,崔静宇,等. 不同施氮措施对强筋和中强筋小麦品质的调控效应[J]. 作物杂志,2023(1):212-218.
- [4]成林,申晓晴,韩耀杰,等. 河南强筋小麦种植品质达标的關鍵气象因子分析[J]. 中国农业气象,2023,44(1):47-57.
- [5]程晓明,王慧,陈树林,等. 不同小麦品种籽粒灌浆、脱水特性及其与产量和品质的关系[J]. 河南农业大学学报,2023,57(2):197-206,230.
- [6]任开明,王森,杨文俊,等. 施氮对稻茬弱筋小麦生长特性、品质与产量的影响[J]. 浙江农业学报,2023,35(4):769-779.
- [7]陈琛,刘家俊,邓垚,等. 氮肥运筹对强筋小麦镇麦 18 产量及干物质生产的影响[J]. 江苏农业学报,2023,39(2):368-376.
- [8]张水清,张博,岳克,等. 长期施肥对黄淮海平原小麦氮素吸收及氨挥发的影响[J]. 中国土壤与肥料,2022(11):40-47.
- [9]马瑞琦,王德梅,陶志强,等. 施氮量对北部冬麦区种植弱筋小麦产量与品质的影响[J]. 作物杂志,2023(1):163-169.
- [10]马瑞琦,常旭虹,刘阿康,等. 减量施氮协同提升强筋小麦产量和品质[J]. 植物营养与肥料学报,2023,29(1):172-187.
- [11]徐凤娇,赵广才,田奇卓,等. 施氮量对不同品质类型小麦产量和加工品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(2):300-306.
- [12]姚艳荣,金欣欣,李辉,等. 长期定位施氮条件下不同品质类型冬小麦适宜施氮量的研究[J]. 麦类作物学报,2020,40(9):1120-1128.
- [13]党林学,田甜,韩凡莉,等. 不同氮素水平对干旱地区冬小麦光合生理、抗氧化特性及籽粒产量的影响[J]. 大麦与谷类科学,2023,40(2):7-14,20.
- [14]杨永辉,武继承,何方,等. 水肥运筹对冬小麦光合特性、产量及水分利用的影响[J]. 河南农业科学,2015,44(5):67-71.
- [15]王佳旭,张旷野,张飞,等. 施氮方式及用量改善高粱光合特性及土壤微生物群落特征[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2022,42(5):17-26.
- [16]罗静静,王贺亚. 减量施氮及氮肥运筹对春小麦群体结构和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(23):62-67.
- [17]姚春生,任婕,张震,等. 微喷水肥一体化氮肥管理对冬小麦产量、品质、氮素积累和利用的影响[J]. 中国农业大学学报,2023,28(3):25-37.
- [18]傅晓艺,何明琦,赵彦坤,等. 长期定位施氮条件下种植密度对冬小麦石 4366 品质和氮肥利用的影响[J]. 麦类作物学报,2023,43(2):215-224.
- [19]曹承富,孔令聪,汪建来,等. 施氮量对强筋和中筋小麦产量和品质及养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(1):46-50.
- [20]朱新开,郭文善,周君良,等. 氮素对不同类型专用小麦营养和加工品质调控效应[J]. 中国农业科学,2003,36(6):640-645.
- [21]陈天鑫,王艳杰,张燕,等. 不同施氮量对冬小麦光合生理指标及产量的影响[J]. 作物杂志,2020(2):88-96.
- [22]文廷刚,贾艳艳,顾大路,等. 氮水运筹对苏北平原稻茬麦干物质积累、产量和氮肥利用的影响[J]. 麦类作物学报,2023,43(3):321-331.
- [23]柏军兵,常旭虹,王德梅,等. 黄淮冬麦区南片气象因子对不同品种小麦籽粒特性的影响[J]. 中国农业气象,2022,43(6):474-486.
- [24]李雪萌,杨梅,秦保平,等. 施氮量对强筋小麦物质积累与籽粒产量的影响[J]. 麦类作物学报,2023,43(5):609-622.