

王慧,吴迪,李东升,等. 氮肥施用量和运筹比例对稻茬晚播小麦群体结构、光合性能及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(20):97-102.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.20.014

氮肥施用量和运筹比例对稻茬晚播小麦群体结构、光合性能及产量的影响

王慧,吴迪,李东升,朱冬梅,高德荣,吕国锋

(江苏里下河地区农业科学研究所/农业部长江中下游小麦生物学与遗传育种重点实验室,江苏扬州 225007)

摘要:为探索适宜的稻茬晚播小麦的施肥技术,以扬麦23为材料,设置2个施氮水平(210、270 kg/hm²)和2个氮肥运筹比例(基肥、壮蘖肥、拔节肥分别为7:1:2和5:1:4),研究施氮量及氮肥运筹对稻茬晚播小麦产量、群体特征及光合特性的影响。结果表明,晚播小麦越冬期茎蘖数、干物质积累量和叶面积指数较适播麦下降;开花期剑叶叶绿素含量高于适播,剑叶净光合速率低于适播。晚播较适期播种减产显著,减产幅度为7.29%~15.72%。晚播条件下增加施氮量,剑叶叶绿素含量表现增加;氮肥后移,低施氮量下各时期及高施氮量下花后14 d剑叶叶绿素含量均提高;花后14 d各处理间净光合速率差异明显,施氮量减少、氮肥后移,均导致净光合速率增加。增加施氮量能提高穗数、穗粒数;施氮量对千粒质量影响无明显的趋势。相同施氮量下,增加基肥有利于提高成穗数;提高追肥比例有利于每穗结实粒数的增加。270 kg/hm²施氮量、5:1:4运筹适播产量最高,晚播减产幅度最大。210 kg/hm²施氮量、5:1:4运筹适播产量较高,晚播产量最高。综合考虑,采用施氮量210 kg/hm²、氮肥运筹为5:1:4的施肥模式在适播、晚播条件下均能使扬麦23获得较高产量。

关键词:小麦;施氮量;氮肥运筹;光合特性;产量;群体结构

中图分类号: S512.106 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)20-0097-06

小麦晚播导致冬前积温和日照时数减少,分蘖

发生迟,群体偏小;生育后期灌浆期延后并缩短,增加遭遇高温逼熟的风险,最终导致减产^[1]。王龙俊等研究认为,迟于适宜播期后,每推迟5 d,单位面积产量一般会减少7%~10%^[2]。江苏是稻麦两熟区,小麦茬口偏晚,播种季节紧张,如遇阴雨天气,播期更加推迟,播种质量下降,影响小麦的生长发育,已成为制约江苏省小麦产量进一步提高的关键因素,小麦晚播高产栽培技术的研究已成为现阶段栽培学家所关注的热点问题之一。

氮肥应用对小麦产量的形成具有重要作用。合理的施氮量和氮肥运筹能够提高小麦叶片光合

收稿日期:2021-03-09

基金项目:国家重点研发计划(编号:YFD0100803);农业部现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-3-2-11);江苏省科技计划重点及面上项目(编号:BE2018350);扬州市科技计划(编号:YZ2020033)。

作者简介:王慧(1988—),女,江苏南京人,硕士,助理研究员,主要从事小麦高产及抗逆栽培方面的研究。E-mail:758289601@qq.com。

通信作者:吕国锋,博士,研究员,主要从事小麦遗传育种工作。E-mail:lgf@wheat.org.cn。

[25]何水清,周明火,王玉猛.不同播种期对再生稻丰源优272产量及产量构成的影响[J].中国稻米,2013,19(5):104-105.

[26]高长清,罗珍美,王记安,等.不同播种期对丰两优香1号再生稻产量及产量构成的影响[J].农业科技通讯,2015(5):179-181.

[27]张上守.播种期对超高产再生稻生育及干物质生产的影响[J].福建农业学报,2009,24(4):290-295.

[28]黄友钦,张洪松.汕优63再生芽幼穗分化发育研究[J].西南农业大学学报,1989,11(1):97-101.

[29]王家兴.汕优63再生稻生长发育规律的研究[J].农业科技通讯,1989(10):8-9.

[30]熊洪,冉茂林,徐富贤,等.南方稻区再生稻研究进展及发展[J].作物学报,2000,26(3):297-304.

[31]王尚明,张崇华,胡磊,等.头季稻不同收割方式对再生稻生长和产量的影响[J].湖北农业科学,2018,57(20):31-34.

[32]郎有忠,窦永秀,王美娥,等.水稻生育期对籽粒产量及品质的影响[J].作物学报,2012,38(3):528-534.

[33]张琨琨,张文豪,张丹丹,等.再生稻优质高产栽培技术研究进展[J].现代农业科技,2018(14):22.

[34]白宗绪.提高再生稻产量的几项关键技术[J].杂交水稻,1995,10(1):44.

[35]苗昌泽.汕优63培育再生稻的高产技术措施[J].江西农业科技,1996(3):1-2.

[36]罗文质.再生稻品种选用和栽培技术[J].农业科技通讯,1978(9):16-17.

速率,促进同化物积累,是实现晚播小麦优质高产的有效途径^[3-4]。张珊等研究认为,晚播条件下小麦产量不高,应减少氮肥施用量^[5],但也有人认为,小麦晚播后,生长量不足,要达到适期播种相似产量,施氮量应增加^[6],从而加快叶片生长速度,增加冬前茎蘖数、干物质积累量和叶面积指数^[7],同时适量增施氮肥能加速晚播小麦中后期的补偿生长能力,有利于提高花后干物质积累量^[8]。朱江胜等研究认为,晚播条件下减少基肥用量能控制高峰苗,提高成穗率,增加花后干物质积累量^[9]。氮肥后移能显著改善晚播小麦群体结构,增加群体透光率,提高剑叶光合速率^[10-11]。Kibe 等研究认为,增施拔节孕穗肥能促进晚播小麦穗分化、减少退化,提高穗粒数及千粒质量^[12]。杨勇研究认为,在适宜密度下提高晚播小麦中、后期施氮比例,可提高籽粒产量^[13]。但也有研究认为,孕穗肥施用不得当,会导致晚播小麦后期病害加重,贪青迟熟,易遇高温逼熟,产量下降^[14]。扬麦 23 是江苏里下河地区农业科学研究所和江苏金土地有限公司用扬麦 16/扬辐 93-11 选育的强筋小麦品种,自审定以来种植面积不断扩大,且在生产中表现出灌浆脱水快、早熟高产、综合抗性强等特性。拔麦 23 作为江苏省主推的优质强筋小麦品种,未来几年将进一步扩大推广面积,因此本试验拟通过研究施氮量及氮肥运筹比例对小麦群体、光合特性及产量的调控效应,筛选出晚播条件下扬麦 23 的合理施氮量及氮肥运筹,为优质强筋小麦生产提供理论和技术依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2018—2019 年在江苏里下河地区农业科学研究所万福基地(119°53'E、32°42'N)进行,试验地前茬为水稻。土壤为沙壤土,2018 年秋播土壤有机质含量 18.20 g/kg、全氮含量 1.203 g/kg、全磷含量 0.446 g/kg、速效氮含量 60.13 mg/kg、速效磷含量 20.8 mg/kg、速效钾含量 80.7 mg/kg。供试品种为扬麦 23。

本试验为三因素裂区试验,主区设 2 个播期,11 月 4 日(适播)和 11 月 25 日(迟播),基本苗分别为 240 万、375 万株/hm²;施氮量为裂区,设 210、270 kg/hm² 2 个处理;氮肥运筹为小裂区,基肥、平衡肥、拔节肥分别为 70%、10%、20% 和 50%、10%、40%(分别简记为 7:1:2 和 5:1:4);重复 2 次。

基肥于播种前施用,平衡肥于 3 叶 1 心时施用,拔节肥于叶龄余数 2.5 时施用;N、P、K 肥施用量为 1:0.5:0.5,P、K 肥全部基施。机械条播,行距 22 cm,小区面积 6.67 m²。3 叶期进行人工定苗。其他栽培措施同大田生产。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 群体结构 于小麦关键生育期每小区取样 20 株,调查茎蘖数,用叶面积仪测定叶面积,样品杀青、烘干至恒质量,测定干物质质量。

1.2.2 SPAD 值 分别于小麦开花期、花后 14 d、花后 28 d 采用 SPAD 502 叶绿素仪测定剑叶 SPAD 值,每处理重复 5 次。

1.2.3 光合特性 分别于小麦开花期、花后 14 d、花后 28 d 采用 TARGAS-1 便携式光合测定仪测定剑叶净光合速率,每处理重复 5 次。

1.2.4 产量及其构成因素 于成熟期调查单位面积有效穗数、穗粒数及千粒质量(水分 13%)。每小区机械收割,晾晒后称质量。

1.3 数据统计与分析

用 Excel 2003 统计试验结果,用 SPSS 20.0 进行统计分析,差异显著性检验采用 LSD 法多重比较。

2 结果与分析

2.1 群体结构

2.1.1 茎蘖动态 从表 1 可以看出,晚播条件下各处理的越冬期茎蘖数低于适播各处理,但差异不显著;拔节期各处理的茎蘖数显著高于适播;成熟期各处理茎蘖数大于适播各处理,其中施氮量为 210 kg/hm² 处理的茎蘖数显著高于适播;除施氮量为 210 kg/hm²、7:1:2 氮肥运筹外,其余处理的茎蘖成穗率均低于适播各处理。表明晚播 21 d,通过增加基本苗可弥补晚播茎蘖成穗率低对最终穗数的不利影响。

晚播条件下施氮量为 270 kg/hm² 的越冬期、拔节期和成熟期的茎蘖数均高于施氮量为 210 kg/hm² 相应各处理,成熟期 2 个施氮量水平各处理的茎蘖数差异缩小,无显著差异;同一施肥水平下,氮肥运筹为 7:1:2 处理的越冬期、拔节期和成熟期的茎蘖数均高于氮肥运筹为 5:1:4 处理 3 个时期的茎蘖数。表明增加施氮量和以基肥为主的氮肥运筹可增加成穗数。

2.1.2 干物质积累量 由表 2 可以看出,晚播条件下各处理的越冬期、拔节期干物质积累量均低于适

表 1 施氮量、氮肥运筹对扬麦 23 茎蘖动态的影响

播期 (月-日)	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥运筹	茎蘖数(万个/hm ²)			茎蘖成穗率 (%)
			越冬期	拔节期	成熟期	
11-04	210	7:1:2	720.8bc	1 296.0cde	463.5c	35.76bc
		5:1:4	667.2cd	1 147.2e	471.3c	41.08a
	270	7:1:2	840.0a	1 360.8bcd	502.5abc	36.93b
		5:1:4	640.8cd	1 233.6de	486.7bc	39.45ab
11-25	210	7:1:2	660.0cd	1 466.3b	544.5a	37.13b
		5:1:4	611.3d	1 398.8bc	523.5ab	37.42ab
	270	7:1:2	772.5ab	1 687.5a	552.1a	32.72c
		5:1:4	675.0cd	1 460.0b	525.9ab	36.02bc

注:同列数据后不同小写字母代表处理间差异在 0.05 水平显著。下同。

表 2 施氮量、氮肥运筹对扬麦 23 干物质积累量的影响

播期 (月-日)	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥运筹	干物质积累量(kg/hm ²)				
			越冬期	拔节期	开花期	成熟期	花后
11-04	210	7:1:2	713.3b	3 521.5ab	12 756.0b	18 159.0b	5 403.0bc
		5:1:4	668.4bc	3 317.3bc	13 917.0ab	20 021.3ab	6 104.3a
	270	7:1:2	805.5a	3 805.7a	13 717.3ab	19 560.5ab	5 843.2ab
		5:1:4	630.7c	3 269.3bc	14 318.4ab	20 496.2a	6 177.8a
11-25	210	7:1:2	296.6de	3 020.5cd	13 318.1ab	18 142.5b	4 824.4cd
		5:1:4	273.8e	2 737.5d	13 929.7ab	19 181.3ab	5 251.6bcd
	270	7:1:2	345.8d	3 282.7bc	14 139.1ab	19 140.0ab	5 000.9cd
		5:1:4	296.3de	3 003.4cd	14 521.0a	19 237.5ab	4 716.5d

播相应各处理,开花期干物质积累量较适播有所增加,成熟期表现减少,差异未达显著水平。除施氮量 210 kg/hm²、氮肥运筹 7:1:2 外,晚播其他氮肥处理花后干物质积累量较适播下降显著,其中施氮量 270 kg/hm²、氮肥运筹为 5:1:4 处理下降幅度最大。

晚播条件下不同施氮量对各生育时期干物质积累量影响不显著;同一施肥水平下,越冬期、拔节期干物质积累量表现为 7:1:2 运筹高于 5:1:4 运筹,开花期、成熟期则表现为 5:1:4 运筹大于

7:1:2 运筹。施氮量和氮肥运筹对晚播花后干物质影响无明显趋势。

2.1.3 叶面积指数 由表 3 可知,晚播各处理越冬期、拔节期叶面积指数较适播相应各处理均表现下降,其中越冬期下降显著;孕穗期叶面积指数大于适播处理,但差异均不显著。

晚播条件下施氮量为 270 kg/hm² 处理越冬期、拔节期及孕穗期叶面积指数均大于施氮量为 210 kg/hm² 相应各处理,开花期表现略有差异,

表 3 施氮量、氮肥运筹对扬麦 23 叶面积指数的影响

播期 (月-日)	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥运筹	叶面积指数			
			越冬期	拔节期	开花期	成熟期
11-04	210	7:1:2	0.96b	4.24ab	6.22c	4.45cd
		5:1:4	0.88b	3.94bc	6.44bc	4.87bcd
	270	7:1:2	1.19a	4.51a	6.32c	4.31d
		5:1:4	0.91b	4.08abc	6.66abc	5.25ab
11-25	210	7:1:2	0.40c	4.02bc	6.29c	4.77bcd
		5:1:4	0.36c	3.83c	6.88ab	5.48a
	270	7:1:2	0.49c	4.34ab	6.67abc	5.06abc
		5:1:4	0.43c	3.94bc	7.07a	5.35ab

5 : 1 : 4 运筹下表现为 210 kg/hm² 处理大于 270 kg/hm² 处理, 7 : 1 : 2 运筹下表现为 210 kg/hm² 处理小于 270 kg/hm² 处理, 处理间叶面积指数无显著差异。同一施肥水平下, 各时期叶面积指数规律与干物质积累量相同, 越冬期、拔节期均表现为 7 : 1 : 2 运筹高于 5 : 1 : 4 运筹; 孕穗期、开花期表现为 5 : 1 : 4 运筹高于 7 : 1 : 2 运筹, 且在施氮量为 210 kg/hm² 时 2 运筹间差异显著, 其他处理差异不显著。

2.2 剑叶叶绿素含量

由表 4 可以看出, 晚播条件下各处理的开花期、

花后 14 d 剑叶叶绿素含量普遍高于适播相应各处理, 但差异未达显著水平; 花后 28 d 较适播下降, 其中 2 个施氮量下均以 5 : 1 : 4 运筹时下降显著。晚播条件下施氮量为 270 kg/hm² 的处理开花期、花后 14 d 及花后 28 d 剑叶叶绿素含量均大于施氮量为 210 kg/hm² 处理。施氮量为 210 kg/hm² 时开花期、花后 14 d 和 28 d 剑叶叶绿素含量均表现为 5 : 1 : 4 > 7 : 1 : 2, 施氮量为 270 kg/hm² 时开花期和花后 28 d 氮肥运筹 5 : 1 : 4 处理略低于 7 : 1 : 2 处理, 花后 14 d 高于 7 : 1 : 2 处理, 但各氮肥运筹间差异不显著。

表 4 施氮量、氮肥运筹对扬麦 23 剑叶叶绿素相对含量的影响

播期 (月-日)	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥运筹	叶绿素含量(SPAD 值)		
			0 d	14 d	28 d
11-04	210	7 : 1 : 2	52.84b	46.88d	18.24c
		5 : 1 : 4	55.22ab	51.86bc	27.74a
	270	7 : 1 : 2	53.52ab	54.28abc	24.96ab
		5 : 1 : 4	55.88ab	56.44a	30.08a
11-25	210	7 : 1 : 2	54.9ab	51.50c	17.08c
		5 : 1 : 4	55.80ab	54.28abc	19.88bc
	270	7 : 1 : 2	56.64a	54.56abc	21.90bc
		5 : 1 : 4	56.16ab	55.62ab	20.38bc

2.3 剑叶光合速率

由图 1 可以看出, 晚播条件下各处理净光合速率随开花天数均逐渐下降, 花后 14 d 晚播下降速率较适播缓慢, 花后 28 d 迅速下降。开花期及花后 28 d 晚播各处理剑叶净光合速率均小于适播相应各处理; 花后 14 d 施氮量为 210 kg/hm² 的剑叶净光合速率大于适播, 施氮量为 270 kg/hm² 时小于适播。晚播条件下开花期与花后 28 d 各处理净光合速率间无明显差异, 花后 14 d 各处理差异明显, 其中施氮量为 210 kg/hm² 的净光合速率明显高于 270 kg/hm² 处理; 同一施肥量下, 5 : 1 : 4 运筹的净光合速率明显高于 7 : 1 : 2 运筹。

2.4 产量及其构成因素

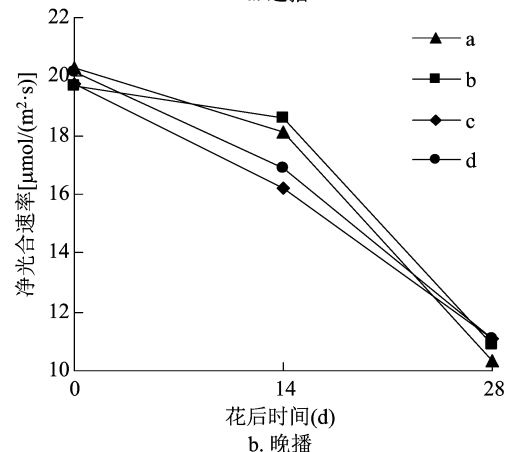
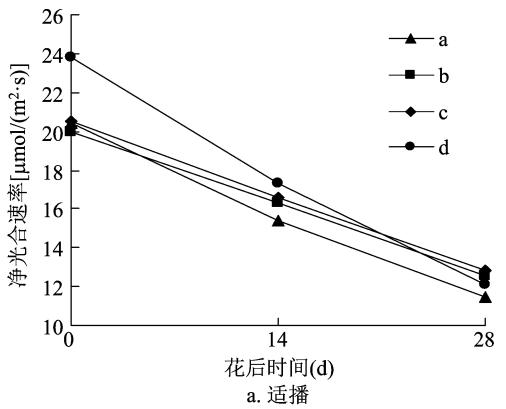
由表 5 可以看出, 晚播各处理的产量较适播相应各处理产量均显著下降, 减产幅度在 7.29% ~ 15.72%; 穗数大于适播各处理, 其中施氮量为 210 kg/hm² 的穗数显著高于适播; 穗粒数和千粒质量显著低于适播各处理, 降幅分别为 13.94% ~ 14.87%、5.49% ~ 9.95%。表明在适当增加基本苗条件下, 穗粒数和千粒质量是晚播小麦产量降低的主要因素。

从表 5 还可以看出, 晚播条件下施氮量为 270 kg/hm² 的单位面积穗数和穗粒数都高于 210 kg/hm² 各处理, 但二者间无显著差异; 施氮量对千粒质量影响无明显的趋势。相同施氮量下, 氮肥运筹为 7 : 1 : 2 处理的单位面积穗数大于 5 : 1 : 4, 二者间无显著差异; 氮肥运筹对穗粒数的影响正好相反, 处理间亦无显著差异; 氮肥运筹对千粒质量影响无明显趋势。表明增加施氮量和氮肥后移可增加穗粒数。

3 讨论与结论

3.1 氮肥对晚播小麦产量及群体结构的影响

晚播小麦产量下降显著^[15-16]。播期推迟 15 d, 小麦穗数下降, 穗粒数增加, 千粒质量无显著变化^[17]。也有研究指出, 晚播对千粒质量影响较小, 穗数、穗粒数的减少是造成产量下降的主要原因^[18]。本试验结果表明, 晚播较适期播种减产显著, 减产幅度 7.29% ~ 15.72%。通过增加基本苗能提高穗数, 而穗粒数和千粒质量均明显下降, 表明在适当增加基本苗条件下, 穗粒数和千粒质量是晚播小麦产量降低的主要因素, 这与前人研



a—施氮量 210 kg/hm²、氮肥运筹为 7:1:2; b—施氮量 210 kg/hm²、氮肥运筹为 5:1:4; c—施氮量 270 kg/hm²、氮肥运筹为 7:1:2; d—施氮量 270 kg/hm²、氮肥运筹为 5:1:4

图1 施氮量、氮肥运筹对扬麦 23 净光合特性的影响

表5 施氮量、氮肥运筹对扬麦 23 产量及其构成的影响

播期 (月-日)	施氮量 (kg/hm ²)	氮肥运筹	穗数 (万个/hm ²)	穗粒数 (粒/穗)	千粒质量 (g)	产量 (kg/hm ²)
11-04	210	7:1:2	463.5c	43.7ab	42.9b	8 085.0bc
		5:1:4	471.3c	45.3a	44.9a	8 737.5a
	270	7:1:2	502.5abc	43.6ab	41.9bc	8 533.5ab
		5:1:4	486.7bc	45.9a	43.2b	8 833.5a
11-25	210	7:1:2	544.5a	37.2c	39.4d	7 495.5d
		5:1:4	523.5ab	38.6c	41.1c	7 810.5cd
	270	7:1:2	552.1a	37.3c	39.6d	7 650.0cd
		5:1:4	525.9ab	39.5bc	38.9d	7 444.5d

处理剑叶净光合速率均小于适播,花后 14 d 有所差异,低施氮量下剑叶净光合速率大于适播,高施氮量下则小于适播。有研究认为,氮肥追施能提高晚播小麦生育后期叶面积指数和叶绿素含量,促进小麦干物质积累^[11]。本试验结果与前人研究有所差异,晚播条件下增加施氮量,扬麦 23 开花期、花后 14 d 及花后 28 d 剑叶叶绿素含量表现增加;氮肥后移,低施氮量下各时期剑叶叶绿素含量提高,高施

究结果^[17-18]不完全一致,可能与增加了基本苗有关。王夏等研究认为,小麦晚播后营养生长期短,分蘖不足,叶面积指数小^[19]。本试验结果表明,晚播小麦越冬期茎蘖数、叶面积指数和干物质积累量较适播下降,这与前人的研究结果^[19]一致。

有研究认为,通过增施氮肥能显著提高晚播麦开花期和成熟期群体干物质积累^[20-21]。晚播小麦应重施拔节肥,以促进植株个体发育^[22]。席晋飞等研究表明,通过增加施氮量可提高晚播小麦产量^[23]。氮肥后移能明显提高晚播小麦后期 LAI,增加茎蘖数及穗粒数^[7],增加籽粒产量^[13]。本试验研究表明,晚播条件下,高施氮量处理下扬麦 23 各生育时期茎蘖数、干物质积累量及叶面积指数总体高于低施氮量处理,增加施氮量能提高穗数、穗粒数,但差异不显著;施氮量对千粒质量影响无明显趋势。同一施肥水平下,氮肥运筹为 7:1:2 处理的越冬期、拔节期和成熟期的茎蘖数均高于 5:1:4 处理的茎蘖数,表明以基肥为主的氮肥运筹可增加成穗数;氮肥后移增加每穗结实粒数,对千粒质量影响无明显趋势。

3.2 氮肥对晚播小麦光合特性的影响

本试验结果表明,晚播小麦开花期叶面积指数、剑叶叶绿素含量高于适播,这与张甲元等的研究结果^[24]相同。晚播条件下开花期及花后 28 d 各

氮量下花后 14 d 剑叶叶绿素含量提高,开花期和花后 28 d 表现下降。晚播条件下开花期与花后 28 d 各处理净光合速率间无明显差异,花后 14 d 各处理差异明显,增加施氮量,净光合速率表现下降,氮肥后移,净光合速率增加。

晚播条件下通过增加基本苗能提高穗数,晚播小麦产量降低主要由于穗粒数和千粒质量下降;增加施氮量能提高晚播麦穗数和穗粒数,但效果不明

显。同一施肥水平,以基肥为主的氮肥运筹可增加成穗数;氮肥后移增加每穗结实粒数,对千粒质量影响无明显趋势。本试验结果表明,施氮量 270 kg/hm^2 、氮肥运筹为 $5:1:4$ 处理适播产量最高,晚播减产幅度最大;施氮量 210 kg/hm^2 、氮肥运筹为 $5:1:4$ 处理适播产量第2,晚播条件下产量最高。综合考虑,采用施氮量 210 kg/hm^2 、氮肥运筹为 $5:1:4$ 的施肥模式无论适播还是晚播均有利于实现扬麦23高产稳产,节本增效。

参考文献:

[1]高德荣,张 晓,康建鹏,等. 长江中下游麦区小麦迟播的不利影响及育种对策[J]. 麦类作物学报,2014,34(2):279-283.

[2]王龙俊,陈维新,郭文善,等. 晚茬小麦高产栽培技术途径[J]. 江苏农业研究,1999,20(2):44-48.

[3]朱统泉,袁永刚,曹建成,等. 不同施氮方式对强筋小麦群体及产量和品质的影响[J]. 麦类作物学报,2006,26(1):150-152.

[4]Arduini I, Masoni A, Ercoli L, et al. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate [J]. *European Journal of Agronomy*, 2006, 25(4):309-318.

[5]张 姗,石祖梁,杨四军,等. 施氮和秸秆还田对晚播小麦养分平衡和产量的影响[J]. 应用生态学报,2015,26(9):2714-2720.

[6]Martin R J, Sutton K H, Moyle T N, et al. Effect of nitrogen fertiliser on the yield and quality of six cultivars of autumn-sown wheat [J]. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 1992, 20(3):273-282.

[7]张 杰,胡开明,付 鹏,等. 播期、密度和施肥量对小麦品种烟农19若干农艺和品质性状的影响[J]. 安徽农业大学学报,2008,35(1):61-64.

[8]吴光磊,郭立月,崔正勇,等. 氮肥运筹对晚播冬小麦氮素和干物质积累与转运的影响[J]. 生态学报,2012,32(16):5128-5137.

[9]朱江胜,朱启明,季学祥. 不同氮肥运筹对晚播小麦产量及群体质量的影响[J]. 安徽农业科学,2000,28(1):81-82.

[10]张明伟. 稻茬晚播小麦群体与生理特征及密肥调控技术研究

[D]. 扬州:扬州大学,2018.

[11]张耀兰,曹承富,李华伟,等. 氮肥运筹对晚播冬小麦产量、品质及叶绿素荧光特性的影响[J]. 麦类作物学报,2013,33(5):965-971.

[12]Kibe A M, Singh S, Kalra N. Water-nitrogen relationships for wheat growth and productivity in late sown conditions [J]. *Agricultural Water Management*, 2006, 84(3):221-228.

[13]杨 勇. 晚播小麦高产优质栽培机理与技术研究[D]. 扬州:扬州大学,2001.

[14]殷毅凡. 稻茬迟播小麦春后施氮效应及其高效施氮模式研究[D]. 扬州:扬州大学,2016.

[15]Ehdaie B, Waines J G. Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat [J]. *Field Crops Research*, 2001, 73(1):47-61.

[16]孔海波. 播期对不同地力条件下冬小麦产量及氮素利用率的影响[D]. 泰安:山东农业大学,2014.

[17]吕丽华,梁双波,张丽华,等. 不同小麦品种产量对冬前积温变化的响应[J]. 作物学报,2016,42(1):149-156.

[18]欧行奇,郭丹钊,成立群,等. 土壤质地和播期对强筋小麦藜城8901品质及产量的影响[J]. 麦类作物学报,2007,27(4):705-709.

[19]王 夏,胡 新,孙忠富,等. 不同播期和播量对小麦群体性状和产量的影响[J]. 中国农学通报,2011,27(21):170-176.

[20]马尚宇,王艳艳,刘雅男,等. 播期、播量和施氮量对小麦干物质积累、转运和分配及产量的影响[J]. 中国生态农业学报(中英文),2020,28(3):375-385.

[21]刘红江,郭 智,孙国峰,等. 不同播种方式对小麦产量形成及氮素利用效率的影响[J]. 江苏农业学报,2019,35(5):1075-1081.

[22]杨佳凤,丁锦峰,顾后文,等. 密肥组合对稻茬晚播小麦籽粒产量和效益的影响[J]. 麦类作物学报,2013,33(3):503-506.

[23]席晋飞,杨珍平,张定宇,等. 肥密运筹对晋中晚播小麦籽粒产量及品质的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2012,32(2):112-117.

[24]张甲元,周苏玫,尹 钧,等. 适期晚播对弱春性小麦籽粒灌浆期光合性能的影响[J]. 麦类作物学报,2011,31(3):535-539.