

杜同庆,李振宏,徐 鹏.淮北地区种植密度与肥料对稻茬晚播小麦生长特性的影响[J/OL].大麦与谷类科学,2022,39(2):14-20.
https://doi.org/10.14069/j.cnki.32-1769/s.2022.02.003.

淮北地区种植密度与肥料对稻茬晚播小麦生长特性的影响

杜同庆,李振宏,徐 鹏

(徐州市睢宁县农业技术推广中心,江苏 睢宁 221200)

摘要: 本文通过设置稻茬小麦播期(适播 10 月 20 日和迟播 11 月 20 日)、密度(225 万、375 万、525 万株/hm²)和施氮量(180、225、270 kg/hm²) 3 个因素试验,研究密度、氮肥对稻茬晚播小麦生长特性的影响。结果表明:晚播后,群体质量显著下降,产量与穗数下降幅度分别为 33.49%~46.60%、16.51%~26.45%。晚播条件下,适当增加密度可以提高单位面积小麦穗数,增加叶面积指数,产量相应提高,增幅为 3.37%~18.01%。晚播麦穗数、穗粒数随着氮肥施用量的增加而增加,产量增幅可达到 3.46%~15.18%,增施氮肥可以提高上 3 叶叶面积指数与各生育阶段干物质积累量。因此,晚播大幅度降低了小麦穗数、群体数目、干物质积累量,导致产量下降,适当地增施氮肥和增加密度可以构建良好群体,有利于产量提高。

关键词: 淮北地区;稻茬晚播麦;密度;肥料;迟播

中图分类号:S511;S512

文献标志码:B

文章编号:1673-6486-20210111

江苏省作为稻茬小麦播种面积最大的省份,其种植面积占全国稻茬小麦播种面积的 44.3%。江苏省淮北地区为响应国家政策,对农业种植结构进行了大力调整,扩大粳稻种植面积,造成水稻收割时间大大推迟,导致小麦茬口变晚、播种推迟、冬小麦越冬前麦情差,严重影响小麦获得高产。特别是近年来土地流转速度加快,规模种植所需装备和技术不足,种植大户不能及时收获与播种,最终导致小麦适期播种比例的下降。为了提高稻茬小麦产量,减少晚播小麦带来的产量损失,生产中往往加大小麦播种量和氮肥的施用量。但过度加大播种量和氮肥施用量往往造成小麦基本苗过大,降低小麦成穗率。再加上江苏省 5 月和 6 月多阴雨天气,加剧了冬小麦倒伏的风险,不利于稳定产量。基于此,本文开展稻茬晚播麦产量限制因素研究,以期为大面积生产中合理安排晚播麦播种密度、氮肥施用量提供依据。

1 材料与方 法

1.1 试验概况

试验于 2020—2021 年在江苏省徐州市睢宁县稻麦科技综合展示基地(117°54'15"E、33°57'00"N)

内进行。供试品种为徐麦 33,由江苏徐淮地区徐州农业科学研究所选育并提供。人工开沟播种,小区面积为 17.5 m²(3.5 m×5.0 m),行距 0.25 m。其余栽培管理措施与当地栽培方式相同。

1.2 试验设计

采用三因素随机区组试验设计,设置 2 个播期,分别为 10 月 20 日(B₁)、11 月 20 日(B₂);3 个种植密度,分别为 225 万株/hm²(D₂₂₅)、375 万株/hm²(D₃₇₅)、525 万株/hm²(D₅₂₅);3 个施氮水平,分别为 180 kg/hm²(N₁₈₀)、225 kg/hm²(N₂₂₅)、270 kg/hm²(N₂₇₀),基肥和拔节肥运筹比例 6:4。每个处理施磷肥(P₂O₅) 135 kg/hm²、钾肥(K₂O) 150 kg/hm²,磷、钾肥与基施氮肥作为底肥于播前人工均匀撒施至各小区,肥料施入后人工开沟进行小麦条播。拔节肥于小麦第 1 节间定长时按量撒施。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 产量及产量构成因素。采用人工收割的方式,在成熟期收取每个小区具有代表性 1 m²小麦,脱粒,自然晒干后称质量得到实际产量并测定千粒质量,调查 1 m²穗数,同时连续剪取 20 个单穗调查其穗粒数。

1.3.2 生育进程。记录小麦关键生育期,包括播种期、出苗期、拔节期、开花期、成熟期,并由此计算小麦各生育阶段及全生育期。

1.3.3 茎蘖数与茎蘖成穗率。分别在拔节期和成熟期定点调查 1 m²茎蘖数,并最后计算茎蘖成穗率。

收稿日期:2021-11-23

基金项目:江苏省稻麦产业技术体系(JATS[2021]076)。

作者简介:杜同庆(1984—),男,硕士,高级农艺师,主要从事作物栽培技术推广工作。E-mail: dutongqing@163.com。

1.3.4 株高。在小麦成熟期分别测量每个小区具有代表性的 20 个单茎，从基部开始向上测量株高和穗下节间长度，并计算平均值用于进一步分析。

1.3.5 叶面积指数(LAI)。于开花期和花后 21 d 分别连续取 20 个单茎，用便携式叶面积仪分别测定上 3 叶叶面积指数及余叶（除上 3 叶外剩下的叶片）叶面积指数。

1.3.6 干物质含量。于开花期、成熟期，从各小区取样 20 株，按茎、上 3 叶和余叶分开，105 °C 杀青 1 h，80 °C 烘干至恒质量，测定干物质积累量。

1.4 数据处理与分析

用 Excel 2016 对试验数据进行处理，用 SPSS 22.0 软件进行分析和作图。

2 结果与分析

2.1 徐麦 33 产量及产量构成因素

从最终产量上分析，由表 1 可知，适期播种(B₁)徐麦 33 产量变化范围为 7 679.06 ~ 9 093.73 kg/hm²，而迟播条件下(B₂)产量变化范围为 4 114.00 ~ 5 809.23 kg/hm²，其产量较适宜播期降低了 33.49% ~ 46.60%。适期播种条件下，D₃₇₅N₂₇₀ 处理产量最高，为 9 093.73 kg/hm²；而晚播条件下，D₅₂₅N₂₇₀

处理产量最高，为 5 809.23 kg/hm²，较适播最高产量低 36.12%。从产量构成因素分析，晚播 31 d 穗数较适期播种降低了 16.51% ~ 26.45%，D₅₂₅N₂₇₀ 处理穗数最高；穗数最低的均为最低种植密度、最低施氮量处理。综合分析，播期的推迟极显著地降低了穗数，而随着播种密度和施肥量的增加，成穗数呈现极显著增加的趋势。但是播期、密度、施氮量三者之间的互作对穗数变化的影响不显著。从穗粒数来看，晚播 31 d 穗粒数较适期播种降低了 9.20% ~ 16.25%，不同播期最高穗粒数均出现在 D₂₂₅N₂₇₀ 处理，分别达到了 34.39、30.79 粒 / 穗，晚播穗粒数较适期播种减少 3.60 粒 / 穗；穗粒数最低的处理均为 D₅₂₅N₁₈₀ 处理，即最大播种量、最低施肥量处理。推迟播期、增加播种密度均能极显著地降低穗粒数，施氮量增加极显著地增加了穗粒数，但三者之间的互作效应对穗粒数的影响差异不显著。从千粒质量来看，适期播种与晚播 2 个播期处理下 D₂₂₅N₁₈₀ 千粒质量达到最高水平，分别为 47.70、43.66 g，晚播下最高千粒质量较适期播种降低 4.04 g；千粒质量最低均为 D₅₂₅N₂₇₀ 处理。推迟播期、降低播种密度极显著地增加了千粒质量，施氮量增加反而极显著地降低了千粒质量，但三者之间的互作效应对千粒质量的影响并不显著。

表 1 种植密度与肥料对徐麦 33 产量及产量构成因素的影响

播期	种植密度	施氮量	穗数 / (万个 / hm ²)	穗粒数 / (粒 / 穗)	千粒质量 / g	产量 / (kg/hm ²)
B ₁	D ₂₂₅	N ₁₈₀	524.67 fgG	31.27 cdBCD	47.70 aA	7 703.69 cC
		N ₂₂₅	562.00 eFG	33.21 abAB	45.37 abcAB	8 475.68 abABC
		N ₂₇₀	604.00 dDEF	34.39 aA	44.08 bedBCD	9 085.92 aA
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	613.55 dDE	27.96 fghFGHI	45.89 abAB	7 679.06 cC
		N ₂₂₅	632.00 cdCDE	30.83 cdBCDE	44.35 bedABC	8 578.73 abABC
		N ₂₇₀	653.11 bcCD	32.51 bcABC	43.37 bcdeBCDE	9 093.73 aA
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	669.33 bBC	26.85 ghiGHIJ	44.44 bedABC	7 993.60 bcBC
		N ₂₂₅	715.33 aAB	28.64 efgDEFGH	42.78 cdefBCDE	8 644.20 abABC
		N ₂₇₀	734.22 aA	30.38 deCDEF	41.23 efghCDEFG	9 017.49 aAB
B ₂	D ₂₂₅	N ₁₈₀	389.78 jK	26.19 hijHIJ	43.66 bedBCD	4 114.00 gE
		N ₂₂₅	418.22 ijJK	28.92 efDEFG	40.68 fghDEFG	4 738.45 fgDE
		N ₂₇₀	444.22 hiIJ	30.79 cdBCDE	39.99 ghiEFG	5 318.54 defD
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	473.11 hHI	24.67 jJ	42.43 defgBCDEF	4 854.82 efgDE
		N ₂₂₅	516.22 gGH	27.01 fghiGHIJ	39.21 hiFGH	5 264.12 defD
		N ₂₇₀	538.44 fgG	28.48 efgEFGH	37.91 ijGH	5 619.79 deD
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	544.45 fgG	24.38 jJ	40.74 fghDEFG	5 316.52 defD
		N ₂₂₅	597.22 deEF	25.53 ijJJ	37.98 ijGH	5 614.70 deD
		N ₂₇₀	605.89 dDEF	27.02 fghiGHIJ	36.57 jH	5 809.23 dD

(续表)

	B	516.81**	160.53**	138.81**	784.45**
	D	237.35**	54.05**	20.43**	5.90**
	N	37.75**	55.07**	31.74**	26.70**
F 值	B×D	1.68	1.79	0.11	3.32*
	B×N	0.21	0.02	0.91	1.32
	D×N	0.59	0.60	0.06	0.60
	B×D×N	0.56	0.59	0.19	0.13

注:同列数据后不同小写字母、大写字母分别表示同一播期不同处理间差异具有统计学意义($P < 0.05$)、高度统计学意义($P < 0.01$)。*、** 分别表示差异具有统计学意义($P < 0.05$)、高度统计学意义($P < 0.01$)。表 4 同。

2.2 播期对徐麦 33 生育进程的影响

由表 2 可以看出,稻茬麦在迟播(B₂)条件下,小麦各生育期明显推迟,播种至出苗所需天数呈上升趋势。出苗—拔节、拔节—开花、开花—成熟和播

种—成熟所需天数均较适期播种条件呈缩短趋势。2020—2021 年全生育期晚播相对于适宜播期处理均缩短了 29 d 左右。

表 2 种植密度与肥料对徐麦 33 生育进程的影响

播期	种植密度	施氮量	出苗期 (月-日)	拔节期 (月-日)	孕穗期 (月-日)	开花期 (月-日)	成熟期 (月-日)	播种— 拔节/d	拔节— 开花/d	开花— 成熟/d	全生育期/ d
B ₁	D ₂₂₅	N ₁₈₀	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
		N ₂₂₅	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
		N ₂₇₀	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
		N ₂₂₅	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
		N ₂₇₀	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
		N ₂₂₅	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
		N ₂₇₀	10-28	02-26	03-21	04-21	05-29	130	54	38	222
B ₂	D ₂₂₅	N ₁₈₀	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
		N ₂₂₅	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
		N ₂₇₀	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
		N ₂₂₅	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
		N ₂₇₀	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
		N ₂₂₅	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193
		N ₂₇₀	12-02	03-21	04-09	04-26	06-01	122	36	35	193

2.3 拔节期徐麦 33 茎蘖数及成穗率差异

由表 3 可知,适期播种(B₁)下徐麦 33 拔节期茎蘖数变化范围为 1 066.00 万~1 721.33 万个/hm²,而迟播(B₂)茎蘖数变化范围为 677.33 万~1 254.67

万个/hm²。可见,播期推迟后,拔节期茎蘖数变化整体呈现下降趋势。在同一播期期内,拔节期茎蘖数随着播种密度及施氮量的增加而增多。2 个播期处理,拔节期最高茎蘖数均为 D₅₂₅N₂₇₀ 处理,而最低茎

藪数均为 D₂₂₅N₁₈₀ 处理。但晚播条件下,平均成穗率较适期播种处理提高了 6.02%, 其主要原因为适期播种条件下拔节期无效分藪较多导致后期成穗率较低,而晚播条件下,分藪发生较晚,后期基本均能

成穗,导致成穗率提高。对基本苗而言,在同样播种量下,晚播播种到出苗时间延长,出苗率降低,致其基本苗数较适期播种偏低。

表 3 种植密度与肥料对徐麦 33 茎藪数的影响

播期	种植密度	施氮量/(kg/hm ²)	基本苗/(万株/hm ²)	拔节期茎藪数/(万个/hm ²)	茎藪成穗率/%
B ₁	D ₂₂₅	N ₁₈₀	216.00	1 066.00	49.22
		N ₂₂₅	222.67	1 153.33	48.73
		N ₂₇₀	236.00	1 265.33	47.73
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	370.67	1 283.33	47.81
		N ₂₂₅	358.00	1 394.67	45.32
		N ₂₇₀	376.00	1 502.67	43.46
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	501.33	1 485.33	45.06
		N ₂₂₅	522.67	1 558.67	45.89
		N ₂₇₀	542.00	1 721.33	42.65
B ₂	D ₂₂₅	N ₁₈₀	210.90	677.33	57.55
		N ₂₂₅	209.00	801.33	52.19
		N ₂₇₀	212.16	846.67	52.47
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	346.43	879.33	53.80
		N ₂₂₅	343.90	997.33	51.76
		N ₂₇₀	340.73	1 031.33	52.21
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	499.06	1 046.00	52.05
		N ₂₂₅	491.46	1 201.33	49.71
		N ₂₇₀	498.43	1 254.67	48.29

2.4 开花期徐麦 33 不同部位叶面积指数的差异

根据植株不同叶位将叶片分为 2 层,即上 3 叶和剩余叶,分别计算每层叶面积指数,结果如表 4 所示。各处理均为上 3 叶叶片所占比例最大,2 个播期处理,晚播上 3 叶叶面积指数较适期播种低 5.10%~12.14%,上 3 叶叶面积指数最高的均为 D₅₂₅N₂₇₀ 处理,而最低的均为 D₂₂₅N₁₈₀ 处理。晚播小麦的株高及穗下节间长极显著地低于相应适期播种处理,分别降低了 3.96%~6.47%、3.10%~12.00%。2 个播期处理,株高随着播种密度的增加而升高,并达到显著水平,但密度对穗下节间长度变化无显著影响。随着施氮量的增加,株高和穗下节间长度极显著地升高。播期与密度互作对株高和穗下节间长度有着极显著的影响,同时播期与施氮量互作对株高

也有着极显著的影响,而对穗下节间的影响不显著。

2.5 徐麦 33 不同生育阶段干物质积累量

由表 5 可知,在种植密度与肥料试验中,小麦各生育阶段干物质积累量呈现上升趋势。推迟播期(B₂)后,小麦各生育阶段干物质积累量均较适期播种(B₁)呈现下降趋势,晚播播种—成熟期干物质积累量较适期播种低 3 680.25 kg/hm²,降幅为 19.91%;播种—拔节期和拔节—开花期干物质积累量减少幅度最大,分别降低了 23.13%、31.91%。从各生育阶段干物质占比上分析,晚播(B₂)条件下开花—成熟期占比最高,为 41.43%;而适期播种(B₁)下,拔节—开花期占比最高,为 40.78%。增加密度或施氮量可增加不同生育阶段干物质的积累量。

表4 种植密度与肥料对徐麦33叶面积指数、株高、穗下节间长的影响

播期	种植密度	施氮量	上3叶叶面积指数	余叶叶面积指数	株高/cm	穗下节间长/cm
B ₁	D ₂₂₅	N ₁₈₀	4.52 jkGH	0.54 bcdABCDE	73.65 dD	25.18 efDEF
		N ₂₂₅	6.03 cdefgBCD	0.59 abcABCD	75.83 bB	25.77 dCD
		N ₂₇₀	6.49 abcdAB	0.59 abcABCD	76.39 aAB	26.80 bcAB
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	5.05 hiEFG	0.63 abABC	74.60 cC	25.57 deDE
		N ₂₂₅	6.27 bcdeABC	0.64 abABC	76.41 aAB	26.48 cBC
		N ₂₇₀	6.78 abA	0.64 abABC	76.78 aA	26.94 abcAB
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	5.49 ghDEF	0.66 abA	75.07 cC	25.59 deDE
		N ₂₂₅	6.51 abcAB	0.69 aA	76.54 aAB	27.25 abAB
		N ₂₇₀	6.87 aA	0.71 aA	76.50 aAB	27.46 aA
B ₂	D ₂₂₅	N ₁₈₀	4.06 kH	0.47 cdeBCDEF	70.73 gH	23.31 iJ
		N ₂₂₅	5.71 fgCDE	0.37 eEF	71.54 fF	24.97 fgEF
		N ₂₇₀	5.85 efgBCD	0.39 eEF	72.58 eE	25.00 fDEF
	D ₃₇₅	N ₁₈₀	4.75 ijG	0.34 eF	70.80 gGH	23.29 iJ
		N ₂₂₅	5.95 defgBCD	0.35 eEF	71.47 fFG	24.12 hGHI
		N ₂₇₀	6.16 cdefABCD	0.41 deDEF	72.53 eE	24.85 fgEFG
	D ₅₂₅	N ₁₈₀	4.89 ijFG	0.42 deDEF	71.23 fgFGH	23.39 iJ
		N ₂₂₅	5.72 fgCDE	0.44 deDEF	72.47 eE	23.98 hHIJ
		N ₂₇₀	6.28 bcdeABC	0.45 deCDEF	72.97 eE	24.40 ghFGH
F 值	B		40.83**	122.28**	1 389.03**	622.30**
	D		14.78**	4.66*	23.42*	1.41
	N		145.78**	0.41	204.63**	104.11**
	B×D		0.85	2.61	6.14**	19.59**
	B×N		0.40	0.61	10.88*	0.49
	D×N		2.03	0.30	2.72	0.52
	B×D×N		0.40	0.77	2.10	2.80

表5 播期、密度、氮肥3因素对徐麦33不同生育阶段干物质积累的影响

处理		播种—拔节期		拔节—开花期		开花—成熟期		播种—成熟期
		干物质积累量 / (kg/hm ²)	比例 /%	干物质积累量 / (kg/hm ²)	比例 /%	干物质积累量 / (kg/hm ²)	比例 /%	干物质积累量 / (kg/hm ²)
播期	B ₁	4 602.65	24.90	7 538.25	40.78	6 344.86	34.32	18 485.76
	B ₂	3 537.97	23.90	5 133.02	34.67	6 134.52	41.43	14 805.51
密度	D ₂₂₅	3 514.82	22.17	6 377.34	40.22	5 963.66	37.61	15 855.82
	D ₃₇₅	4 201.71	24.98	6 299.99	37.46	6 317.54	37.56	16 819.24
	D ₅₂₅	4 494.38	26.04	6 329.58	36.66	6 437.87	37.30	17 261.82
氮肥	N ₁₈₀	3 815.63	23.92	6 021.77	37.74	6 117.31	38.34	15 954.70
	N ₂₂₅	3 940.37	23.83	6 385.98	38.63	6 206.63	37.54	16 532.99
	N ₂₇₀	4 454.91	25.53	6 599.14	37.82	6 395.14	36.65	17 449.19

3 讨论与结论

3.1 主要栽培措施对稻茬晚播麦徐麦 33 产量及产量构成因素的影响

冬小麦播种日期易受种植环境、气象条件、水稻收获期的限制。随着播期的推迟,冬小麦全生育期缩短,产量下降,且穗粒数和千粒质量均下降^[1]。本研究表明,在晚播 31 d 后,徐麦 33 产量、穗数和穗粒数与适宜播期相比分别平均下降了 38.88%、21.02%和 11.92%;全生育期较适期播种推迟了 29 d 左右,缩短的生育期主要集中在拔节至开花期。

在淮北地区,由于播种时常遇阴雨天气,土壤质地较黏,播种操作难以进行,往往通过提高播种量来保证冬小麦出苗率,从而保证冬小麦的基本苗数,其有效穗数和穗粒数随着播种密度的变化存在着极显著的差异,而千粒质量在相邻密度之间差异较小^[2]。本研究发现,与常规播种密度 375 万株/hm²相比,当密度减少 150 万株/hm²时,晚播处理徐麦 33 单位面积穗数降幅达 17.50%~18.98%,而适期播种处理穗数降幅为 7.52%~14.49%;晚播穗粒数增幅 6.17%~8.11%,千粒质量增幅 2.90%~5.49%。徐麦 33 穗数大幅降低以及穗粒数、千粒质量小幅增加,导致产量下降。当播种密度增加 150 万株/hm²以上,适期与晚播处理,单位面积穗数分别增加了 9.09%~13.19%、12.52%~15.69%,穗粒数分别减少了 3.97%~7.10%、1.18%~5.48%,千粒质量分别减少了 3.16%~4.93%、3.14%~3.98%。加大晚播麦播种密度大幅增加了单位面积穗数,但小幅降低了穗粒数和千粒质量,导致产量平均增幅为 6.36%。因此,加强对不同地区、不同气候条件下小麦种植密度的调控,选择适宜的播种量来控制种植密度,对于提高单位面积产量具有重要的现实意义。

在一定的范围内,合理施用氮肥能够改善小麦的经济性状,增加穗粒数、有效穗数和千粒质量,提高小麦的产量^[3]。本研究发现,与常规施氮量 225 kg/hm²相比,减少氮肥 45 kg/hm²,适期与晚播处理,产量下降幅度分别为 7.53%~10.49%、5.31%~13.18%,穗数分别下降 2.92%~6.64%、6.80%~8.84%,穗粒数分别下降 5.84%~9.31%、4.50%~9.44%,千粒质量分别增加了 3.47%~5.14%、7.27%~8.21%。增加氮肥 45 kg/hm²,适期与晚播处理,产量增加幅度分别为 4.32%~7.20%、3.46%~12.24%,穗数分别增加 2.64%~7.47%、1.45%~6.22%,穗粒数

分别增加 3.55%~6.08%、5.44%~6.47%,千粒质量分别下降 2.21%~3.62%、1.70%~3.71%。可见,增施氮肥提高穗数和穗粒数的幅度显著高于千粒质量的降低幅度,产量相应提高。

3.2 主要栽培措施对稻茬晚播麦徐麦 33 叶面积指数的影响

冬小麦株高、穗下节长度和叶面积指数随着播期的推迟而降低^[4]。本研究表明,晚播 31 d,上 3 叶和余叶的叶面积指数分别相应降低了 5.10%~12.14%、12.96%~46.03%,叶面积指数降低主要集中在余叶。晚播导致冬小麦开花期群体光合生产力下降,进而产量下降,同时,晚播条件下株高与穗下节间长度分别降低了 3.96%~6.47%、3.10%~12.00%。在相同的密度下,随着播期的推迟,小麦各生育时期群体茎蘖数和叶面积指数均显著降低。本研究拔节期茎蘖数较适期播种降低 22.93%~36.46%,即晚播小麦主要大幅度地降低了小麦拔节期茎蘖数、叶面积指数,进而导致了产量的下降。

适当增施氮肥能够提高叶面积指数,提高群体光合速率,进而提高小麦产量^[5-6]。本研究表明,与常规施氮量 225 kg/hm²相比,当氮肥增施到 270 kg/hm²时,适期与晚播拔节期茎蘖数分别提高了 7.74%~10.44%、3.41%~5.66%,开花期上 3 叶叶面积指数分别提高了 5.53%~8.13%、2.45%~9.79%,产量分别提高了 4.32%~7.20%、3.46%~12.24%,同时也提高了株高及穗下节间的长度。随着施氮量的增加,穗数、穗粒数、成穗率相应增加,千粒质量却降低。当氮肥减施至 180 kg/hm²时,适期与晚播拔节期茎蘖数分别减少了 4.71%~7.98%、11.83%~15.47%,开花期上 3 叶叶面积指数分别降低了 15.67%~25.04%、14.51%~28.90%,产量分别减少了 7.53%~10.49%、5.31%~13.18%。随着施氮量的减少,穗数、穗粒数减少,株高与穗下节间降低,千粒质量增加。增施氮肥提高了小麦的成穗率、株高、穗下节间长度和叶面积指数,进而提高了稻茬小麦产量。因此,适当地增施氮肥有利于协调群体性状和提高稻茬晚播小麦产量。

3.3 主要栽培措施对稻茬晚播麦徐麦 33 群体茎蘖数的影响

种植密度对小麦的农艺性状有着重要的影响,适当地增加密度可提高小麦单位面积上群体生产力,提高产量^[7]。本研究表明,在常规种植密度 375 万株/hm²基础上再增加 150 万株/hm²,在同样施肥

条件下,晚播拔节期茎蘖数提高了18.95%~21.66%,而成穗率降低了3.25%~7.51%,开花期上3叶叶面积指数平均提高了0.18%;当播种密度减少150万株/hm²后,其拔节期茎蘖数降低了17.91%~22.97%,开花期叶面积指数平均降低了7.30%。因此,合理选择播种密度可以构建合理的群体结构,促进产量构成三要素的协调发展,进而提高产量。

3.4 主要栽培措施对稻茬晚播麦徐麦33干物质积累的影响

播期主要影响冬小麦绿色面积的生长,进而影响干物质积累和产量形成,适期早播有利于冬前壮苗的培育、返青后干物质的积累及产量的提高^[8-9]。本研究表明,播期的推迟降低了各生育时期干物质积累量,与康定明等的研究结果^[8]一致。稻茬晚播31 d小麦与适宜播期相比,花前干物质积累量大幅度降低。本研究也表明,播期推迟后,小麦群体干物质积累量在各生育阶段均有降低趋势,其中播种—拔节期和拔节—开花期干物质积累量减少幅度最大,分别降低了23.13%、31.91%。增加密度、氮肥可使播种—拔节期干物质积累量分别增加6.97%、13.06%。

参考文献:

- [1] 李素真,周爱莲,王霖,等.不同播期种植密度对不同类型超级小麦产量构成因子的影响[J].山东农业科学,2005(5):12-15.
- [2] 赵永萍,张保军,张正茂,等.种植密度对冬小麦产量及其构成因素的影响[J].西北农业学报,2009,18(6):107-111.
- [3] 马巧荣,徐猛,韩坤,等.垄沟覆膜栽培下密度和氮肥对冬小麦个体与群体关系的调控效应[J].植物营养与肥料学报,2010,16(5):1056-1062.
- [4] 霍成斌,李岩华,孙美荣,等.不同播期、密度对冬小麦冠层结构特征及产量的影响[J].陕西农业科学,2011,57(3):14-17.
- [5] 胡焕焕,刘丽平,李瑞奇,等.播期和密度对冬小麦品种河农822产量形成的影响[J].麦类作物学报,2008,28(3):490-495,501.
- [6] 吴晓丽,李朝苏,汤永禄,等.氮肥运筹对小麦产量、氮素利用效率和光能利用率的影响[J].应用生态学报,2017,28(6):1889-1898.
- [7] 李斌,董召荣,葛琳琳,等.密度和氮肥运筹对超高产小麦产量和群体质量的影响[J].安徽农业大学学报,2009(3):446-450.
- [8] 康定明,魏琳,王莉.播期对冬小麦干物质积累和产量形成的影响[J].石河子农学院学报,1993(1):1-9.
- [9] 铃太峰,董秀春,张秀,等.播期对冬小麦干物质积累、分配与产量的影响[J].山东农业科学,2019,51(3):24-28,35.

Effects of Planting Density and Nitrogen Fertilizer Application Rate on Late-sown Wheat After Rice on Wheat Growth Characteristics in Huaibei Area

DU Tong-qing, LI Zhen-hong, XU Peng

(Suining Agricultural Technology Extension Center, Suining 221200, China)

Abstract: This study investigated the effects of planting density and nitrogen fertilizer application rate on the growth and yield of late-sown wheat after rice in a field trial conducted in 2020—2021. Three variables were set as follows: sowing date (October 20, a suitable sowing date; November 20, a late sowing date), planting density (225×10^4 , 375×10^4 , 525×10^4 seedlings/hm²), and nitrogen fertilizer application rate (180, 225, 270 kg/hm²). As a result, wheat population quality declined significantly in the treatments with delayed sowing, which showed reductions in yield and panicle number by 33.49%~46.60% and 16.51%~26.45%, respectively. Under delayed sowing, panicle number per unit area and leaf area index both rose with increasing planting density; accordingly, yield rose by 3.37%~18.01%. Furthermore, in the treatments with delayed sowing, ear number per hm² and grain number per ear both increased with rising nitrogen fertilizer application rate, leading to yield increases by 3.46%~12.24%. Also, an increase in nitrogen fertilizer application rate improved the upper-three-leaf area index and dry matter accumulation at each growth stage. Taken together, these results indicate that late sowing significantly reduces panicle number, population quality, and dry matter accumulation, thereby resulting in yield reduction; however, appropriately increasing nitrogen fertilizer application rate and planting density can enhance wheat population quality, favoring yield increase.

Key Words: Huaibei Area; Late-sown wheat after rice; Density; Fertilizer; Late sowing