

doi: 10.11838/sfsc.1673-6257.21344

不同播期下春季追肥方式对冬小麦产量及群体性状的影响

易媛¹, 张会云¹, 刘东涛¹, 马红勃¹, 刘立伟¹, 赵娜^{1, 2}, 冯国华^{1*}

(1. 江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 江苏 徐州 221131;

2. 扬州大学小麦研究中心, 江苏 扬州 225009)

摘要:以江麦 869、徐麦 178 为供试品种, 通过设置不同播期与春季追肥方式的互作处理, 探究不同播期条件下缓释肥替代尿素的增产效果, 以期为江苏淮北地区实现小麦高产高效轻简化生产提供理论依据。结果表明, 江麦 869 和徐麦 178 的适宜播期分别为 10 月 10 ~ 25 日和 10 月 10 日前后。推迟播期, 2 个品种孕穗期最大叶面积指数、干物质积累量、高峰苗均呈下降趋势, 而收获指数有所增加, 茎蘖成穗率在播期 10 月 25 日条件下最高。各春季追肥方式中, 返青期施用缓释肥可有效增加最大叶面积指数, 促进小麦干物质积累, 因而增产效果显著优于其他 3 种处理, 且不必等雨或灌水施肥, 简化了春季追肥程序。

关键词:小麦产量; 群体质量; 播期; 追肥方式; 轻简化

在小麦生产实践中, 播期和氮素营养等栽培措施对小麦产量和品质的调控效应较为突出^[1-2], 是小麦产量和品质潜力能否充分发挥的关键因素^[3]。关于播期对小麦生长发育和产量的影响, 众多学者进行了相关研究^[4-5], 但由于小麦品种特性和生产区域的不同, 研究结果不尽一致。大多数研究认为, 适播小麦的产量显著高于早播和晚播。不同播期主要导致小麦生育期内光温水等生态条件的差异, 小麦过早播种易导致冬后过早拔节而遭受冻害, 过晚播种不利于形成较大分蘖, 且穗小、粒重低。而杨卫君等^[6]研究认为, 早播小麦的产量显著高于晚播小麦。因此, 确定小麦新品种适宜的播期, 有利于培育冬前壮苗, 充分发挥产量潜力, 对于小麦新品种的推广应用有重要意义。

拔节期至扬花期是小麦需肥高峰期, 江苏淮北麦区农民习惯雨后或灌溉后撒施尿素的方式追肥^[7]。因受到气候和灌溉条件的限制, 生产上常出现春季追肥不及时或费工费力的现象, 不利于小麦高效绿色轻简化栽培。作为新型的长效肥料, 缓释

肥料有缓、控释放养分的能力, 不仅可以大幅提高肥料利用率, 在保证一定产量水平的基础上节约资源、减少用量、降本增效^[8-9]; 也可以改变传统小麦生产受降水和灌溉条件限制的现状, 简化施肥程序, 从而降低农业劳动强度, 提高劳动生产率。马富亮等^[10]研究表明, 与普通尿素相比, 施用硫膜和树脂包膜缓释肥使小麦增产 10.4% ~ 16.5%, 氮肥利用率增幅达 58.2% ~ 101.2%。李敏等^[11]研究表明, 与农民习惯施肥相比, 树脂包膜缓释尿素与普通尿素配施使小麦增产 5.6% ~ 12.6%, 氮肥利用率增幅达 32.4% ~ 137.3%。关于缓释肥在江苏淮北麦区的应用效果尚缺乏系统研究。为此, 本研究在同一播量的条件下(控制相同群体起点), 以新品种江麦 869、徐麦 178 为供试材料, 通过设置不同播期和春季追肥方式的互作处理, 以期明确 2 个新品种的最适播期, 并初探各播期条件下, 春季追肥施用缓释肥替代普通尿素的可行性, 以期为江苏淮北地区实现小麦高产高效轻简化生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

试验于 2018 ~ 2019 年在徐州农业科学研究所试验田进行, 该区属亚热带湿润气候区。前茬为绿肥, 土壤质地为轻壤土, 质地偏粘, 0 ~ 20 cm 耕层土壤 pH 为 7.45, 有机质含量 19.2 g · kg⁻¹, 全氮含量 1.10 g · kg⁻¹, 碱解氮含量 150 mg · kg⁻¹, 速效钾含量 184.0 mg · kg⁻¹, 有效磷含量 43.8 mg · kg⁻¹。

收稿日期: 2021-06-16; 录用日期: 2021-08-22

基金项目: 徐州市重点研发计划(KC21131); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系(CARS 3-2-10); 江苏省重点研发计划(BE2018340-02); 江苏省现代作物生产协同创新中心。

作者简介: 易媛(1989-), 助理研究员, 博士, 主要从事小麦高产高效栽培生理研究。E-mail: yvonneyi19890803@163.com。

通讯作者: 冯国华, E-mail: gh.feng@126.com。

1.1 试验设计

试验以新品种江麦 869、徐麦 178 为供试品种, 采用两因素裂区设计, 以播期为主区, 设 10 月 10 日、10 月 25 日、11 月 9 日 3 个水平, 以追肥方式为裂区, 设返青期追施缓释肥 (A1)、拔节期追施缓释肥 (A2)、返青期追施尿素 (A3)、拔节期追施尿素 (A4) 4 个水平, 尿素有效氮含量为 46.3%, 缓释肥为山东农大肥业科技有限公司生产的活性腐植酸缓释掺混复合肥料 (N-P₂O₅-K₂O=25-14-6), 其中缓释氮含量 ≥ 8%, 并添加活性腐植酸成分。全生育期氮用量为 240 kg·hm⁻², 基追比为 5:5, 其中基肥氮素种类为尿素 (N 46.3%)。磷钾肥种类为磷酸二铵 (N-P₂O₅=14-43) 和氯化钾 (K₂O ≥ 60%), 全生育期 P₂O₅ 和 K₂O 各施用 120 kg·hm⁻²。为控制相同的群体起点, 播种密度统一选用中等播量 375 万株·hm⁻², 小区面积为 9.6 m² (1.6 m × 6 m), 精量机条播, 等行距 (23.3 cm) 种植, 其他田间管理同一般高产大田, 2019 年 6 月 8 日收获。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 主要群体质量指标的测定

分别于越冬期、拔节期、孕穗期、开花期和成熟期, 每小区取 1 m² 具有代表性的区域进行茎蘖总数的定点调查, 并计算茎蘖成穗率。取 10 株具有代表性的植株, 用 LI-3000C 叶面积仪测定叶面积, 并计算叶面积指数。将测算叶面积后的植株地上部置于 105℃ 烘箱中杀青 30 min 后, 80℃ 烘干到恒重, 冷却后称重, 换算成单株干重, 根据基本苗计算每公顷干重。

茎蘖成穗率 (%) = 成熟期穗数 / 最高茎蘖数 × 100

1.2.2 产量及产量结构

成熟期每小区田间调查 1.2 m² 的穗数、每穗结实粒数, 收获、脱粒后称重, 数 1000 粒称重, 测量籽粒含水率, 换算成 13% 水分时的千粒重和产量, 重复 3 次。

1.3 数据分析方法

采用 Excel 2003、SPSS 21.0、DPS 6.55 分别进行数据计算、绘图及统计分析。

2 结果与分析

2.1 产量及其构成因素

由表 1 可知, 在控制相同播量的条件下, 播期是影响产量的最主要的因素 ($F=39.56^{**}$), 江麦 869 的适宜播期为 10 月 10 ~ 25 日, 随播期的推迟, 徐麦 178 籽粒产量显著下降, 最适播期为 10 月 10 日前后。在不同播期条件下各春季追肥方式相比较, 2 个品种的平均产量表现为 A1>A2>A4>A3, 说明返青期施用缓释肥比常规拔节期施尿素更有提升产量的潜力。

进一步分析各产量构成因素可知, 播期对穗数和千粒重具有显著影响。在控制相同播量的条件下, 随播期的推迟, 穗数和千粒重显著降低, 而穗粒数呈增加趋势。各春季追肥方式中, 两品种均以 A1 条件下穗数较高, 说明返青期施用缓释肥更有利于生育后期穗数的形成。两品种平均千粒重表现为 A4>A2>A3>A1; 平均每穗粒数表现为 A4>A3>A2>A1, 说明返青期施用缓释肥有稳定穗数的作用, 拔节期施用速效肥尿素可有效地促进小麦幼穗分化和籽粒灌浆充实。

表 1 播期和春季追肥方式对冬小麦产量及其构成因素的影响

品种	播期	追肥方式	穗数 (万个·hm ⁻²)	穗粒数	千粒重 (g)	产量 (kg·hm ⁻²)
江麦 869	10 月 10 日	A1	666.7abcd	31.2	45.3def	8210.0ef
		A2	703.8ab	29.0	46.4cde	7845.7gh
		A3	690.4ab	32.9	45.1ef	7712.8h
		A4	727.6a	31.2	46.1cde	8340.0de
	10 月 25 日	A1	689.1ab	33.5	40.7kl	8069.6efg
		A2	644.2abcde	31.4	42.2hij	8211.4ef
		A3	600.6cdef	32.7	41.4ijkl	8062.9efg
		A4	639.1bcde	33.3	42.9gh	7994.2fgh
	11 月 9 日	A1	605.8cdef	33.4	40.9jkl	7768.1gh

续表

品种	播期	追肥方式	穗数 (万个·hm ⁻²)	穗粒数	千粒重 (g)	产量 (kg·hm ⁻²)
徐麦 178	10月10日	A2	523.7fgh	35.9	42.1hijk	7746.0gh
		A3	489.7h	36.4	41.3ijkl	7415.8i
		A4	516.7gh	35.2	42.5hi	7273.9i
		A1	679.5abc	31.8	46.4cde	9514.6b
	10月25日	A2	648.7abcde	33.2	48.0ab	9971.2a
		A3	695.5ab	32.0	46.9bc	9426.0bc
		A4	657.1abcde	32.2	49.2a	9177.8c
		A1	708.3ab	36.4	46.7bc	8626.0d
	11月9日	A2	649.3abcde	31.8	46.9bc	8382.1de
		A3	665.4abcd	34.1	45.2def	7830.2gh
		A4	676.3abc	31.1	46.5cd	8277.9ef
		A1	653.2abcde	32.2	39.4m	7261.7i
		A2	575.0efg	36.2	40.3lm	6923.8j
		A3	599.4cdef	36.5	41.0jkl	6715.4j
		A4	586.6defg	36.4	44.0fg	6858.4j

注：同列数据后的不同小写字母代表处理间差异在5%水平显著。下同。

2.2 叶面积指数动态

在控制相同群体起点的条件下，两品种各播期的孕穗期最大叶面积指数(LAI_{max})的变化规律不一(图1、2)。江麦869表现为10月25日>11月9日>10月10日，说明播期10月25日条件下江麦869孕穗期群体结构最佳。而推迟播

期，徐麦178孕穗期LAI_{max}显著下降，说明该品种孕穗期要获得较大的叶面积群体需注意适期早播。各春季追肥方式下，LAI_{max}差异较小，以A1、A2处理LAI_{max}略高，说明春季追施缓释肥更有利于孕穗期获得较大的光合面积，促进光合作用。

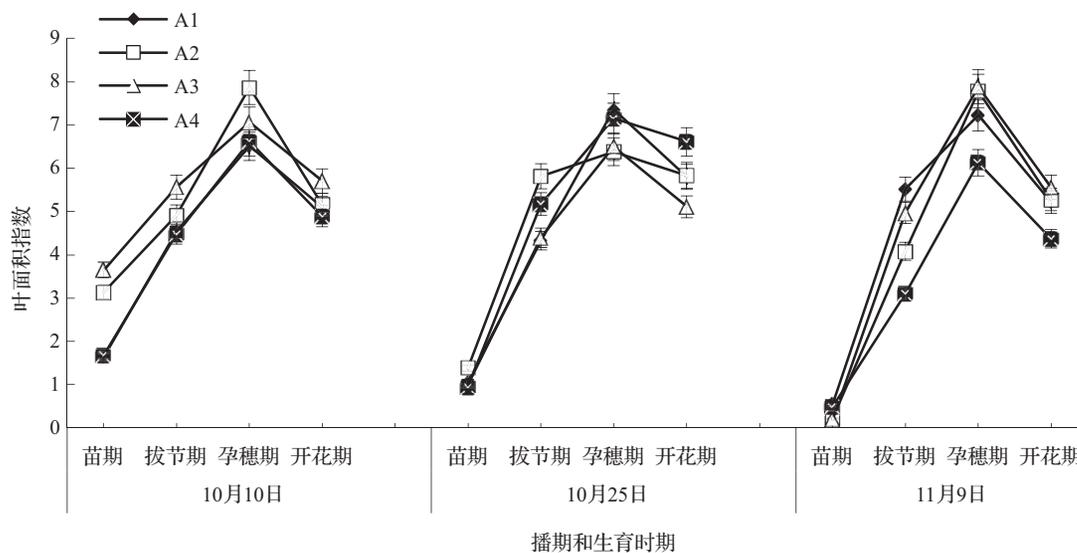


图1 播期和春季追肥方式对江麦869叶面积指数的影响

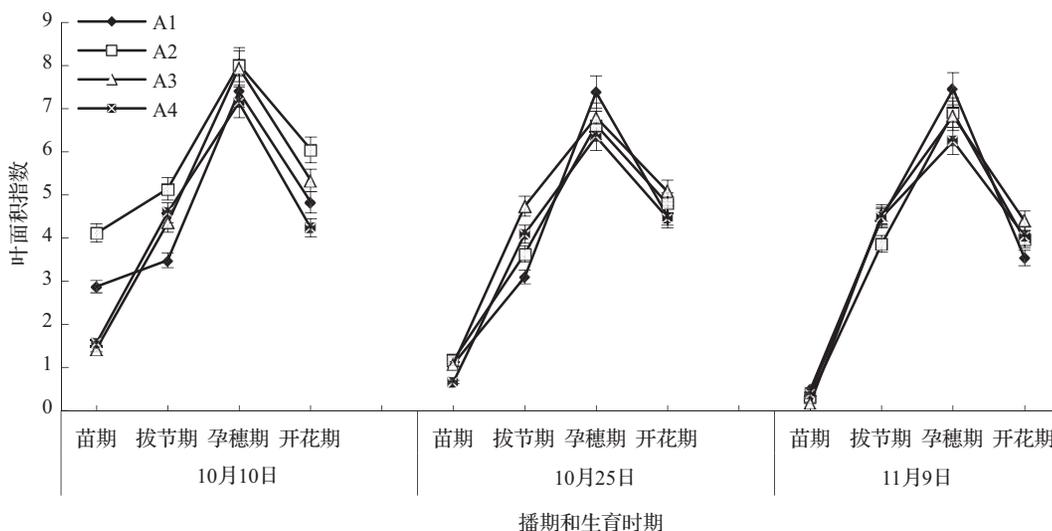


图2 播期和春季追肥方式对徐麦 178 叶面积指数的影响

2.3 干物质积累动态

随生育进程的推移,小麦群体干物质积累量呈递增的趋势,尤其是拔节后干物质开始快速积累,至成熟期干物质积累达到峰值(图3、4)。在控制相同群体起点的条件下,随播期的推迟,两品种成熟期干物质积累量均显著降低,说明要获得较高的生物量应注意适期早播。籽粒产量有78.6%~92.8%来自花后干物质积累,江麦869以播期10月10~25日条件下花后积累量较高;而随播期的推迟,徐麦178花后干物质积累量显著下降($P<0.05$),以播期10月10日条件下花后积累量最高。各春季追肥处理间花后干物质积累量差异较小($P>0.05$);在A2和A4处理下2个小麦品种均于成熟期干物质质量较高,说明春季于拔节期追肥可有效地促进小麦全生育期干物质积累,有利于籽粒灌浆和产量形成。

2.4 高峰苗及茎蘖成穗率

由表2可知,在控制相同播量的条件下,早播有利于促进两品种高峰苗数和穗数显著增加,但在播期10月25日条件下茎蘖成穗率高于其他两播期。各春季追肥方式下,以A1拔节期高峰苗数和茎蘖成穗率较高,说明返青期施用缓释肥有利于促进分蘖发生,提高拔节期群体高峰苗数,并有效地减少动摇分蘖消亡,有利于最终的穗数形成。

2.5 收获指数

在控制相同群体起点的条件下,推迟播期,两品种收获指数(HI)呈递增的趋势(图5、6),11月9日条件下HI显著高于其他两播期。各春季追肥方式中,江麦869以A3处理HI最高,而徐麦178则以A4处理最高,说明追施速效肥料尿素比缓释肥更有利于提高物质的转化率。

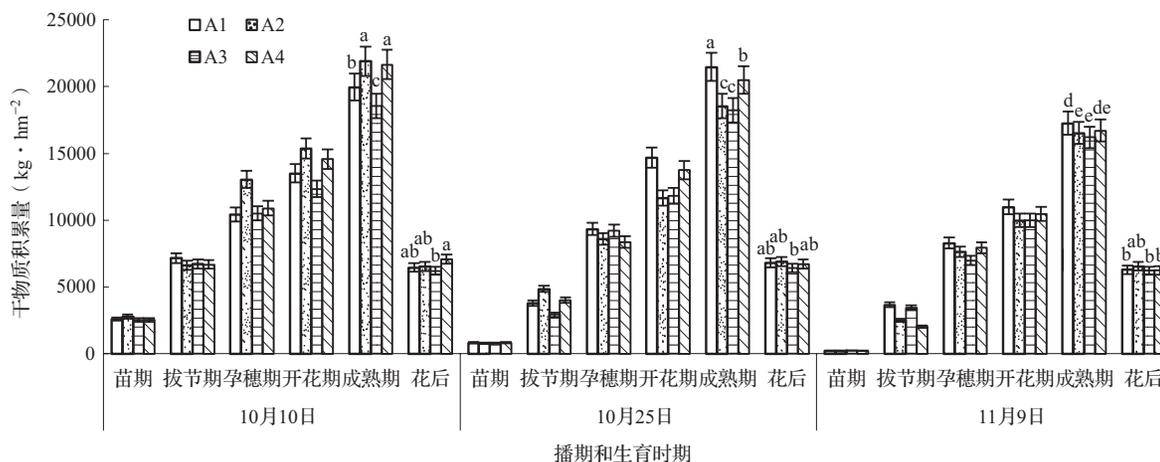


图3 播期和春季追肥方式对江麦 869 干物质积累量的影响

注:同一生育时期柱上不同小写字母代表处理间差异在5%水平显著。图4同。

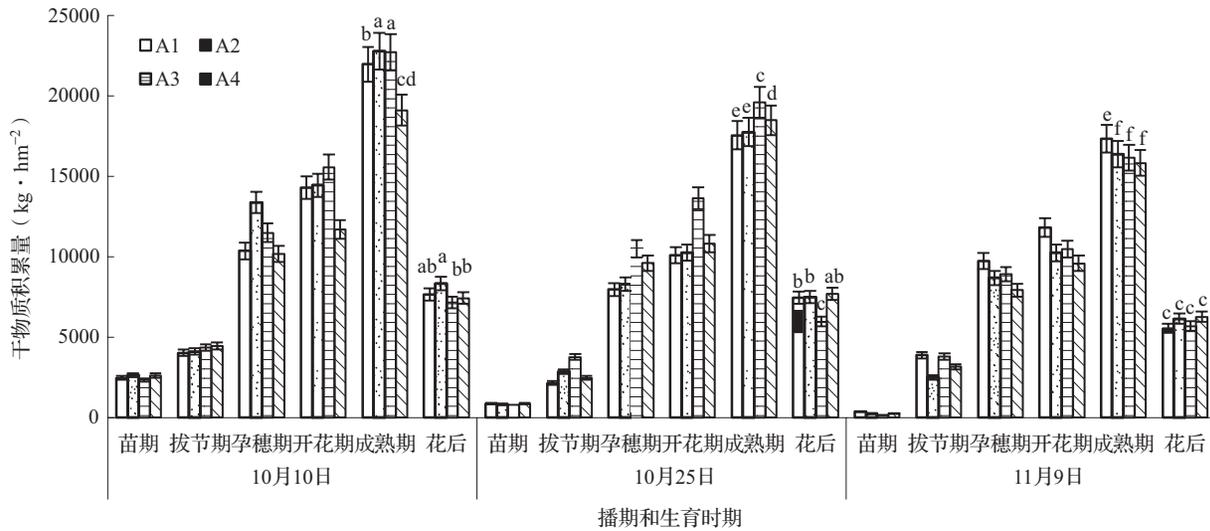


图 4 播期和春季追肥方式对徐麦 178 干物质积累量的影响

表 2 播期和春季追肥方式对江麦 869 高峰苗及茎蘖成穗率的影响

品种	播期	追肥方式	基本苗 (万株 · hm ⁻²)	高峰苗 (万株 · hm ⁻²)	穗数 (万穗 · hm ⁻²)	成穗率 (%)
江麦 869	10月10日	A1	346.8abc	1477.5a	666.7abcd	45.1g
		A2	335.9bc	1404.5b	703.8ab	50.1defg
		A3	364.5abc	1372.5bcd	690.4ab	50.3defg
		A4	384.0ab	1384.6bc	727.6a	52.6bcdefg
	10月25日	A1	367.9abc	1279.5efg	689.1ab	53.8abcdef
		A2	400.0a	1317.3de	644.2abcde	49.0efg
		A3	333.3bc	1236.9gh	600.6cdef	48.5efg
		A4	363.1abc	1226.3ghi	639.1bede	52.1cdefg
	11月9日	A1	375.0abc	1089.1mn	605.8cdef	55.7abede
		A2	375.6abc	1066.7n	523.7fgh	52.2cdefg
		A3	400.5a	1081.4mn	489.7h	45.3g
		A4	369.9abc	1113.1klmn	516.7gh	46.5fg
徐麦 178	10月10日	A1	362.2abc	1335.3cde	679.5abc	51.0defg
		A2	336.5bc	1300.6ef	648.7abcde	49.9defg
		A3	362.8abc	1171.1ijk	695.5ab	59.5abc
		A4	332.0bc	1138.5klm	657.1abcde	57.7abcde
	10月25日	A1	377.5ab	1157.7jkl	708.3ab	61.3a
		A2	355.1abc	1246.8fgh	649.3abcde	52.1cdefg
		A3	333.5bc	1109.6klmn	665.4abcd	60.2ab
		A4	334.4bc	1204.5hij	676.3abc	56.2abede
	11月9日	A1	319.5c	1072.5mn	653.2abcde	61.0a
		A2	332.0bc	1003.2o	575.0efg	57.3abcde
		A3	361.5abc	1101.9lmn	599.4cdef	54.4abcde
		A4	329.5bc	1085.9mn	586.6defg	54.0abcde

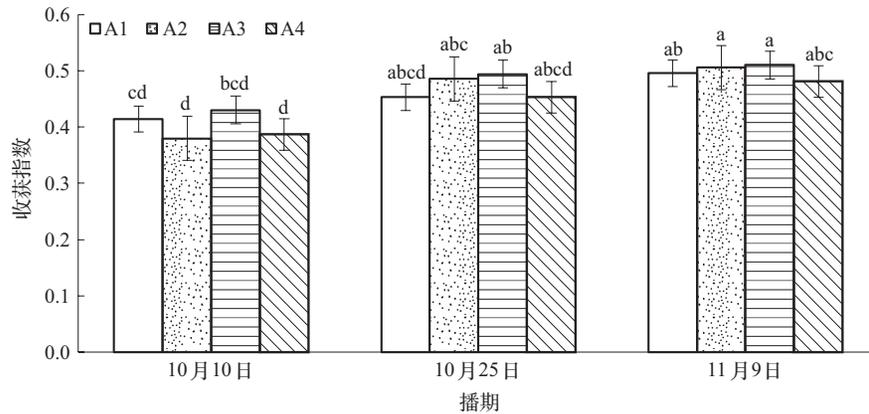


图5 播期和春季追肥方式对江麦 869 收获指数的影响

注: 柱上不同小写字母代表处理间差异在 5% 水平显著。下同。

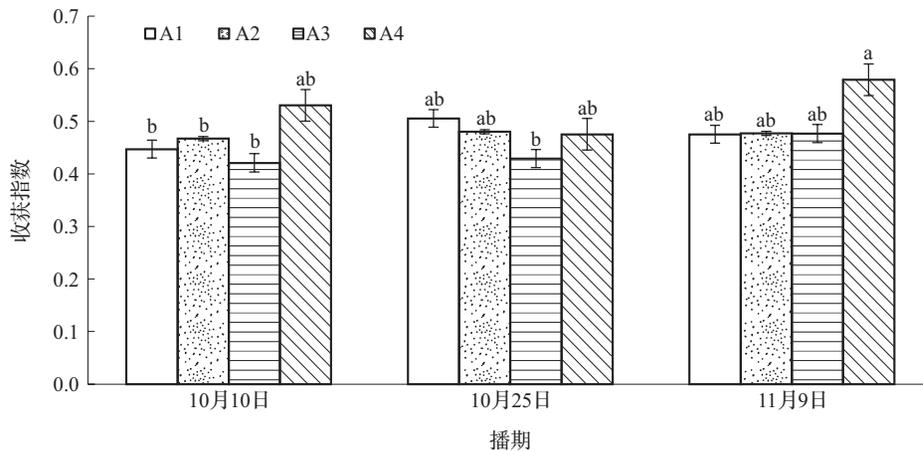


图6 播期和春季追肥方式对徐麦 178 收获指数的影响

3 讨论与结论

近年来气候变暖,小麦冬前生长发育的生态条件发生了较大变化,调整播期成为适应气候变化的主要手段之一。Sun 等^[12]研究认为,10月10日前播种的小麦产量差异不大,此后,随播期延迟,小麦产量显著降低。本试验条件下(播种密度 375 万株·hm⁻²),2 个小麦新品种的最适播期有所不同,江麦 869 的播期弹性较大,适宜播期为 10 月 10 ~ 25 日,而徐麦 178 不宜晚播,最适播期为 10 月 10 日前后。前人研究表明,随着播期的推迟,单位面积穗数减少,而穗粒数呈增加趋势,千粒重呈先增加后下降的趋势^[13]。邵庆勤等^[14]认为,随冬小麦播期推迟,穗数、穗粒数和千粒重均有所下降。而本研究认为,在控制相同群体起点的条件下,推迟播期,穗数和千粒重显著降低,而穗粒数呈增加的趋势,这与赵玉花^[15]、李华英等^[16]的研究结果基本一致。

播期对小麦产量的调控作用主要是通过影响小麦生育进程和群体质量来实现的。刘万代等^[17]研究表明,群体总茎数和 LAI 随播期推迟而变小,干物质积累量前期差距大,成熟期相差小^[17]。也有研究表明,延迟播期后,冬小麦有效叶面积减少,籽粒灌浆速率减慢,导致单位面积穗数和穗粒数降低^[18]。在本试验控制相同群体起点的条件下,推迟播期,孕穗期 LAI_{max}、干物质积累量、高峰苗均呈下降的趋势,而 HI 有所增加,茎蘖成穗率在播期 10 月 25 日的条件下显著高于其他 2 个播期。

在不同播期条件下各追肥方式相比较,两品种的平均产量表现为 A1>A2>A4>A3,说明春季于返青期施用缓释肥增产效果较佳,这与郑文魁等^[19]的研究结果较为一致。前人研究发现,适量的缓/控释肥能显著提高和优化作物中后期农艺性状和叶面积等光合性能指标,进而提高产量^[20]。本研究亦得出相似结果:在相同的群体起点下,春季于返青期追施缓释肥有利于增加拔节期高峰苗数,获得

较大的群体生长量。同时, 由于缓释肥释放速率与作物养分的吸收速率基本同步, 可满足拔节后小麦快速生长所需的养分需求, 有效地减少了动摇分蘖消亡, 提高了小麦孕穗期 LAI_{max} 和生育后期干物质积累量。且施用缓释肥不必等雨或灌水施肥, 简化了施肥程序, 有利于江苏淮北地区实现小麦高产高效轻简化生产。但缓释肥对小麦产量和群体结构的调控机理尚待多年、多地、多品种验证。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张明明, 董宝娣, 乔匀周, 等. 播期、播量对旱作小麦‘小偃 60’ 生长发育、产量及水分利用的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2016, 24 (8): 1095-1102.
- [3] Bassu S, Asseng S, Motzo R, et al. Optimising sowing date of durum wheat in a variable Mediterranean environment [J]. Field Crops Research, 2009, 111 (1-2): 109-118.
- [4] Ali M A, Ali M, Sattar M. Sowing date effect on yield of different wheat varieties [J]. Journal of Agricultural Research, 2010, 48 (2): 157-162.
- [5] Anwar J, Ahmad A, Khaliq T, et al. Optimization of sowing time for promising wheat genotypes in semiarid environment of Faisalabad [J]. Crop & Environment, 2011, 2 (1): 24-27.
- [6] 杨卫君, 贾永红, 石书兵, 等. 播期和密度对春小麦品种新春 26 号生长及产量的影响 [J]. 麦类作物学报, 2016, 36 (7): 913-918.
- [7] 张慎举, 侯雪梅, 侯乐新. 豫东平原砂土地种植强筋小麦氮肥施用技术研究 [J]. 中国土壤与肥料, 2013 (3): 64-68, 99.
- [8] 傅送保, 曲均峰, 王国忠. 一次基施缓释肥对小麦产量和效益的影响 [J]. 磷肥与复肥, 2014, 29 (2): 73-74.
- [9] 孙克刚, 胡颖, 和爱玲, 等. 控释尿素对小麦增产效果与提高氮肥利用率的研究 [J]. 磷肥与复肥, 2009, 24 (5): 84-85.
- [10] 马富亮, 宋付朋, 高杨, 等. 硫膜和树脂膜控释尿素对小麦产量、品质及氮素利用率的影响 [J]. 应用生态学报, 2012, 23 (1): 67-72.
- [11] 李敏, 郭熙盛, 叶舒娅, 等. 树脂膜控释尿素及普通尿素配施对强筋小麦产量、品质和氮肥利用率的影响 [J]. 麦类作物学报, 2013, 33 (2): 339-343.
- [12] Sun H Y, Shao L W, Chen S Y, et al. Effects of sowing time and rate on crop growth and radiation use efficiency of winter wheat in the North China Plain [J]. International Journal of Plant Production, 2013, 7 (1): 117-138.
- [13] 孟丽梅, 张珂, 杨子光, 等. 播期播量对冬小麦品种‘洛麦 22’ 产量形成及主要性状的影响 [J]. 中国农学通报, 2012, 28 (18): 107-110.
- [14] 邵庆勤, 闫素辉, 张从宇, 等. 密度对沿淮晚播小麦产量形成及品质性状的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2018, 26 (9): 1366-1377.
- [15] 赵玉花. 播期对山东冬小麦产量和抗倒性能的影响 [J]. 农业工程技术, 2018, 38 (5): 19-20.
- [16] 李华英, 代兴龙, 张宇, 等. 播期对冬小麦产量和抗倒性能的影响 [J]. 麦类作物学报, 2015, 35 (3): 357-363.
- [17] 刘万代, 杜沛鑫, 尹钧, 等. 播期对豫麦 49-198 群体质量和产量性状的影响 [J]. 江西农业学报, 2009, 21 (5): 7-9.
- [18] 安霞, 张海军, 蒋方山, 等. 播期播量对不同穗型冬小麦群体及子粒产量的影响 [J]. 作物杂志, 2018 (5): 132-136.
- [19] 郑文魁, 李成亮, 窦兴霞, 等. 不同包膜类型控释氮肥对小麦产量及土壤生化性质的影响 [J]. 水土保持学报, 2016, 30 (2): 162-167.
- [20] 赵霞, 刘京宝, 王振华, 等. 缓控释肥对夏玉米生长及产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2008, 24 (6): 247-249.

Effects of spring topdressing on grain yield and population characteristics of winter wheat at different sowing dates

YI Yuan¹, ZHANG Hui-yun¹, LIU Dong-tao¹, MA Hong-bo¹, LIU Li-wei¹, ZHAO Na^{1, 2}, FENG Guo-hua^{1*} (1. Jiangsu Xuhuai Regional Institute of Agricultural Science, Xuzhou Jiangsu 221131; 2. Yangzhou Wheat Research Institute, Yangzhou Jiangsu 225009)

Abstract: Taking Jiangmai869 and Xumai178 as the test materials, by setting the interaction treatment of different sowing dates and spring topdressing methods, the yield increase effects of slow-release fertilizer instead of urea under different sowing dates was explored, in order to provide a theoretical basis for the realization of high yield, high efficiency, light and simplified production of wheat, in Huaibei region, Jiangsu province. The results showed as follows: the suitable sowing date was during October 10-25th for Jiangmai869, and around October 10th for Xumai178. When the sowing stage delayed, the maximum leaf area index at booting stage, dry matter accumulation after anthesis, and the maximum number of stem and tillers all decreased, while the harvest index increased. The higher earbearing tiller percentage was achieved when planting two wheat varieties at October 25th. The grain yield was the highest when applying slow-released fertilizer at re-greening stage, due to its improvement on maximum leaf area index and dry matter accumulation. So the yield increase effect was significantly better than the other three treatments, and fertilization can be carried out not waiting for irrigation or precipitation, which simplifying fertilization procedure.

Key words: wheat yield; population quality characteristics; sowing date; topdressings; simplifying fertilization procedure