河南农业科学,2016,45(2):11-16
Journal of Henan Agricultural Sciences
doi:10.15933/j.cnki.1004-3268.2016.02.003

不同播种方式对小麦干物质积累和产量的影响

李文红[1],丁永辉[1],曹　丹[1],张朝显[2]
(1.徐州生物工程职业技术学院 徐州市现代农业生物技术重点实验室,江苏 徐州 221006;
2.沛县农业技术推广中心,江苏 沛县 221600)

摘要:以晚熟品种徐麦856、中晚熟品种百农207、中熟品种百农矮抗58为材料,设置精量早播(9月28日播种,基本苗180万苗/hm^2)、半精量适播(10月8日播种,基本苗240万苗/hm^2)2种栽培方式,研究了不同播种方式对小麦干物质积累和产量的影响。结果表明:对于晚熟品种徐麦856,精量早播的产量比半精量适播的产量高5.76%,差异呈显著水平;而对于中晚熟、中熟品种表现为半精量适播显著高于精量早播,与精量早播相比,百农207和百农矮抗58半精量适播的产量分别提高了6.24%和9.27%。在同一播种方式下,采用精量早播,徐麦856穗数、成穗率、营养物质转移率最高,较百农矮抗58品种增产达显著水平,提高了15.56%;采用半精量适播,百农207开花期叶面积指数、总结实粒数最高,产量分别比百农矮抗58和徐麦856提高了12.25%、12.26%。百农矮抗58尽管花后干物质积累量和开花期粒质量叶面积比都较高,但植株较为矮小,总生物学产量低,限制其经济产量的提高。百农207适宜大面积推广,徐麦856精量早播可获得高产。

关键词:小麦;品种类型;播种方式;干物质积累;产量
中图分类号:S512.1　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1004-3268(2016)02-0011-06

Effects of Different Sowing Patterns on Dry Matter Accumulation and Yield of Wheat

LI Wenhong[1],DING Yonghui[1],CAO Dan[1],ZHANG Chaoxian[2]
(1.Xuzhou Vocational College of Bioengineering,Xuzhou Key Laboratory of Modern Agricultural Biotechnology,Xuzhou 221006,China;2.Peixian Agricultural Technology Promotion Center,Peixian 221600,China)

Abstract:This paper studied dry matter accumulation and yield under different wheat varieties and sowing patterns. Three wheat varieties were chosen,late-maturing Xumai 856,middle-late mature Bainong 207 and medium mature Bainong AK 58,and two cultivation patterns as early-sowing amount precision (seeding on 28 September,1.8 million basic seedlings per hectare) and half optimum-sowing amount precision(seeding on 8 October,2.4 million basic seedlings per hectare) were installed. The results showed that compared with half optimum-sowing amount precision,the yield of late-maturing Xumai 856 increased significantly by 5.76% under early-sowing amount precision. Conversely,the yield of Bainong 207 and Bainong AK 58 increased by 6.24% and 9.27% under half optimum-sowing amount precision compared with early-sowing amount precision. Compared with Bainong 207 and Bainong AK 58,Xumai 856 had the highest spike number,spike rate and transfer rate of nutrients under the sowing pattern of early-sowing amount precision,and the yield of Xumai 856 significantly increased by 15.56% compared with Bainong AK 58. Using the sowing pattern of half optimum-sowing amount precision,Bainong 207 had the highest leaf area index at flowering stage and total seed setting,and the yield of Bainong 207 significantly increased by 12.25% and 12.26% compared with Bainong AK 58 and Xumai 856 respectively. Bainong AK 58 had higher dry matter accumulation after flowering and leaf area index at

收稿日期:2015-06-29
基金项目:江苏省农业三新工程项目[SXGC(2015)034]
作者简介:李文红(1966-),女,江苏张家港人,副教授,硕士,主要从事作物栽培、育种研究。E-mail:lwhong108@163.com

flowering stage, but shorter plant and low total biological yield limited the increase of economic output. Bainong 207 should be extended in a large scale, Xumai 856 could achieve high yield under early-sowing amount precision.

Key words: wheat; variety type; sowing patterns; accumulation of dry matter; yield

品种、播期、密度均是影响小麦产量形成和品质的重要因素。品种、播期对不同筋力型小麦干物质积累与灌浆速度有不同的影响[1]。过去的研究主要集中于不同整地方式、不同培肥模式对小麦干物质积累及产量的影响[2-5],而综合考虑播期、密度等播种方式对不同熟期类型小麦干物质积累和产量性状影响的研究较少。

徐州市是全国主要的粮食产区之一,常年粮食复种模式是水稻(玉米、大豆)—小麦类型,在不影响秋熟作物播期的前提下,选择高产优质、熟期适当的小麦品种,对确保全年粮食丰收意义重大。为此,进行了不同密度、不同播期对不同熟期类型小麦干物质积累与产量性状影响的试验研究,结果报道如下。

1 材料和方法

试验于 2013—2014 年在徐州生物工程学院试验田进行,前茬作物为大豆,土壤质地是砂壤土,0 ~ 20 cm 耕层有机质含量 16.8 g/kg,碱解氮 80.9 mg/kg,速效磷 22.4 mg/kg,速效钾 96.7 mg/kg。

1.1 试验设计

供试小麦品种为徐麦 856(晚熟型)、百农 207(中晚熟型)和百农矮抗 58(中熟型)。播种方式设置 2 个处理,①精量早播:9 月 28 日播种,基本苗 180 万苗/hm^2;②半精量适播:10 月 8 日播种,基本苗 240 万苗/hm^2。每个处理重复 3 次,随机区组排列,小区长 4 m、宽 2.4 m,南北向条播,每小区播 9 行。按行称种播种。耙地前撒施有机肥 1 500 kg/hm^2、尿素 450 kg/hm^2、磷酸二铵 300 kg/hm^2,辛硫磷 7.5 kg/hm^2 拌土撒施。药肥撒施后用手扶拖拉机耙地整平。越冬前(11 月 25 日)追施苗肥,施尿素 120 kg/hm^2,拔节肥在第 1 节间定长时(3 月 25 日)追施,施尿素 225 kg/hm^2、复合肥(N∶P∶K = 15∶15∶15)300 kg/hm^2。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 *茎蘖动态* 从第 4 叶长出开始定点调查,4 叶期查基本苗,越冬始期(11 月 25 日)、春季返青期(3 月 10 日)、拔节期(3 月 25 日)、孕穗期(4 月 16 日)、抽穗期(4 月 26 日)调查总茎蘖数。并计算分蘖成穗率,分蘖成穗率 =(分蘖成穗数/拔节期总分蘖数)×100%。

1.2.2 *叶面积指数(LAI)* 在返青期、拔节期、孕穗期、开花期,分别选取生长均匀、具有代表性的 10 个单株,剪下 10 株上全部绿叶,选取其中有代表性绿叶 30 片作为小样,分别测定其长度和宽度,然后烘干,再把余下的叶片作为大样,烘干。计算单株叶面积:

单株叶面积(cm^2) = [小样绿叶干质量(g) + 大样绿叶干质量(g)] × 小样绿叶面积(cm^2)/[小样绿叶干质量(g) × 样本总株数]

叶面积指数 = [单株叶面积(cm^2) × 基本苗(万苗/hm^2)]/[10 000 × 10 000(cm^2)]。

1.2.3 *干物质积累* 分别于拔节期、开花期、成熟期取生长均匀、具有代表性的 10 个植株,装入纸袋,放入烘箱先 105 ℃ 杀青 30 min,再 80 ℃ 烘干,直至样品质量恒定后称质量。计算单茎(蘖)干物质质量。

植株总干物质量 = 颖壳、籽粒、茎、叶、鞘干物质之和;

营养器官干物质转移量 = 开花期营养器官干物质量 - 成熟期营养器官干物质量;

营养器官干物质转移率 = 营养器官干物质转移量/开花期营养器官干物质量 × 100%[6];

营养器官干物质转移对籽粒贡献率 = 营养器官干物质转移量/成熟期籽粒质量 × 100%[6];

经济系数 = 成熟期籽粒质量/植株总干物质量(不包括根系)。

1.2.4 *考种与计产* 收获前每小区计数 1 m^2 穗数,在 1 m^2 范围内取 10 穗,测定每穗粒数。每小区实收计产,小麦晒干至籽粒含水量为 13% 时称质量计产,并测定千粒种子质量,重复 3 次。

1.3 数据统计与分析

运用 Microsoft Excel 进行数据计算与作图,采用 DAS 1.0 版软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同播种方式对小麦产量及其构成因素的影响

从表 1 可以看出,不同播种方式对小麦产量的影响在不同类型小麦品种间的变化不同。晚熟品种徐麦 856,精量早播的产量比半精量适播产量高 5.76%,差异呈显著水平。中熟、中晚熟

品种表现为半精量适播显著高于精量早播,与精量早播相比,百农 207 和百农矮抗 58 半精量适播的产量分别提高了 6.24% 和 9.27%。

在同一播种方式条件下,不同品种的产量有差异。采用精量早播,徐麦 856 与百农 207 的产量无显著差异,徐麦 856 产量比百农矮抗 58 提高 15.56%,百农 207 产量比百农矮抗 58 提高 15.45%,增产效果显著;采用半精量适播,百农 207 产量分别比百农矮抗 58 和徐麦 856 提高了 12.25% 和 12.26%,增幅达显著水平。

对产量构成因素分析表明,参试品种不同播种方式之间的单位面积穗数差异不显著,而品种间差异显著,以徐麦 856 单位面积穗数为最高,比百农矮抗 58 高 10.11%,比百农 207 高 14.62%。参试品种不同播种方式之间的穗粒数除徐麦 856 以外,百农 207 半精量适播的粒数显著高于精量早播,高出 8.97%,百农矮抗 58 也同样高出 8.35%;3 个品种间穗粒数存在着显著差异,百农 207 穗粒数比徐麦 856 高出 17.19%,比百农矮抗 58 高出 23.9%。参试品种不同播种方式下千粒质量变化不同:徐麦 856 的千粒质量精量早播高于半精量适播,百农 207 的千粒质量半精量适播高于精量早播,而百农矮抗 58 则无差异;不同品种间千粒质量表现为:百农 207 与百农矮抗 58 差异不显著,而与徐麦 856 有显著性差异。

表 1　不同播种方式下小麦产量及其构成因素

品种	处理	穗数/(万穗/hm^2)	穗粒数/粒	千粒质量/g	实际产量/(kg/hm^2)
徐麦 856	精量早播	640.67a	35.20c	40.66b	7 609.15b
	半精量适播	619.00a	35.00c	37.75c	7 194.74c
百农 207	精量早播	543.33c	39.37b	40.39b	7 602.39b
	半精量适播	555.67c	42.90a	42.37a	8 077.06a
百农矮抗 58	精量早播	592.33b	31.87d	40.73b	6 584.88d
	半精量适播	551.67c	34.53c	40.45b	7 195.39c

注:同列不同字母数值间差异显著($P<0.05$),下同。

2.2　不同播种方式对小麦群体动态与成穗率的影响

由图 1 可以看出,晚熟品种精量早播的茎蘖数始终高于半精量适播;中晚熟品种出苗至孕穗前的茎蘖数表现为精量早播高于半精量适播,而中熟品种在越冬前精量早播的茎蘖数较高,返青后半精量适播的群体高于精量早播并维持至孕穗期,孕穗后这 2 个品种不同播种方式的群体动态基本保持一致。不同处理的茎蘖数均在拔节期达到最高值。产量在 7 041.67 kg/hm^2 以上处理的最高茎蘖数为最终成穗数的 2~2.2 倍,此后平缓下降,抽穗期的茎蘖数为最终成穗数的 1.1~1.3 倍。

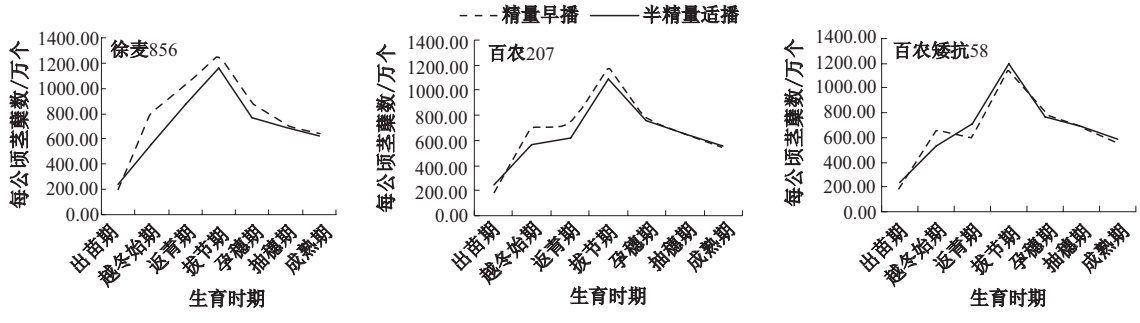

图 1　小麦主要生育时期茎蘖数动态变化

根据出苗期基本苗数、拔节期总茎蘖数和成熟期总穗数计算分蘖成穗率。不同处理分蘖成穗率不同,以徐麦 856 分蘖成穗率最高,精量早播为 42.78%,半精量适播为 41.53%,平均达 42.16%,与百农 207、百农矮抗 58 差异显著;百农 207 分蘖成穗率精量早播为 36.29%,半精量适播为 37.08%;百农矮抗 58 分蘖成穗率精量早播为 38.94%,半精量适播为 36.58%。同一品种不同播种方式的分蘖成穗率差异并不显著。百农 207 和百农矮抗 58 群体成穗率偏低的原因可能与其抽穗后茎蘖数的大幅下降有关。

2.3　不同播种方式对小麦叶面积指数(LAI)的影响

由表 2 可见,返青期所有品种 LAI 均表现为精量早播显著高于半精量适播,至拔节期,徐麦 856、百农矮抗 58 的 LAI 仍表现为精量早播显著高于半精量适播,百农 207 不同播种方式下的 LAI 没有差异。拔节后,半精量适播小麦群体生长加快,3 个品种的 LAI 均表现为半精量适播显著高于精量早播。

就不同品种而言,徐麦 856、百农 207 和百农矮抗 58 在孕穗期的 LAI 分别为 7.603、6.818 和 5.888,3 个品种间的 LAI 呈显著差异;开花期 LAI 以徐麦 856 为最高,分别较百农 207 和百农矮抗 58 高出 1.33% 和 17.86%,但徐麦 856 与百农 207 的 LAI 差异不显著。后期较高的 LAI 表明该处理具有较高的源质量[7]。

表 2 小麦主要生育时期 LAI

品种	处理	返青期	拔节期	孕穗期	开花期
徐麦 856	精量早播	5.477a	7.120a	7.340ab	6.303ab
	半精量适播	4.733b	6.483b	7.867a	6.390a
百农 207	精量早播	4.823b	6.660b	6.557b	5.973ab
	半精量适播	4.053c	6.687b	7.080ab	6.553a
百农矮抗 58	精量早播	5.357a	5.827c	5.413bc	5.147b
	半精量适播	3.590d	4.883d	6.363ab	5.623ab

各处理 LAI 依小麦主要生育时期变化的回归方程为:

徐麦 856 精量早播:$Y = -0.67X^2 + 3.62X + 2.535$ ($R^2 = 0.999\ 4$), $LAI_{max} = 7.4$ ($X = 2.7$);

徐麦 856 半精量适播:$Y = -0.806\ 7X^2 + 4.668\ 7X + 0.746\ 7$ ($R^2 = 0.937\ 0$), $LAI_{max} = 7.5$ ($X = 2.9$);

百农 207 精量早播:$Y = -0.605X^2 + 3.359\ 7X + 2.141\ 7$ ($R^2 = 0.950\ 0$), $LAI_{max} = 6.8$ ($X = 2.8$);

百农 207 半精量适播:$Y = -0.79X^2 + 4.739\ 3X + 0.17$ ($R^2 = 0.984\ 7$), $LAI_{max} = 7.3$ ($X = 3$);

百农矮抗 58 精量早播:$Y = -0.184\ 2X^2 + 0.816\ 5X + 4.775\ 8$ ($R^2 = 0.781\ 8$), $LAI_{max} = 5.7$ ($X = 2.2$);

百农矮抗 58 半精量适播:$Y = -0.508\ 3X^2 + 3.299\ 7X + 0.678\ 3$ ($R^2 = 0.931\ 0$), $LAI_{max} = 6.0$ ($X = 3.3$)。

2.4 不同播种方式对小麦干物质生产与积累的影响

从表 3 可见,小麦主要生育时期干物质质量:拔节期为 12 186.3 ~ 16 394.3 kg/hm^2,开花期为 12 445.2 ~ 17 749.5 kg/hm^2,成熟期为 18 174.0 ~ 22 605.9 kg/hm^2。徐麦 856 在拔节期和开花期的干物质积累量表现为精量早播高于半精量适播,平均高出 16.48% 和 21.73%,其余两品种的干物质质量虽表现为精量早播高于半精量适播,但差异并不显著。开花至成熟期积累的干物质质量占总干物质质量的 19.59% ~37.24%。相比较而言,开花后半精量适播的干物质积累占比平均为 35.6%,显著高于精量早播的 26.14%。

表 3 小麦主要生育时期干物质积累量

品种	处理	拔节期		开花期		成熟期干物质质量/(kg/hm^2)	开花期至成熟期干物质积累占成熟期/%
		干物质质量/(kg/hm^2)	占成熟期/%	干物质质量/(kg/hm^2)	占成熟期/%		
徐麦 856	精量早播	16 394.3a	74.31a	17 749.5a	80.41a	22 069.6a	19.59b
	半精量适播	14 074.5b	63.99b	14 581.6b	66.29b	21 996.6ab	33.71a
百农 207	精量早播	14 304.6b	67.80a	14 640.4b	69.39a	21 121.6b	30.61b
	半精量适播	14 081.7b	62.32b	14 185.1b	62.76b	22 605.9a	37.24a
百农矮抗 58	精量早播	12 800.5c	70.55a	13 019.0c	71.79a	18 174.0d	28.21b
	半精量适播	12 186.3c	62.83b	12 445.2c	64.16b	19 406.6c	35.84a

注:同一品种同列不同字母数值间差异显著($P < 0.05$),下同。

开花至成熟期干物质积累占总干物质质量表现:不同品种间以百农 207 为最高,精量早播与半精量适播平均达到 33.93%,其次是百农矮抗 58 为 32.03%,徐麦 856 为 26.65%;不同播种方式间表现一致,3 个品种均表现为半精量适播显著高于精量早播。

2.5 不同播种方式对小麦单茎干物质积累、分配与转移的影响

由表 4 可以看出,小麦花后营养器官(叶片、茎和鞘)干物质积累量随着开花后时间的延长呈现逐渐减少的趋势,颖壳穗轴和籽粒干物质质量迅速增加,单茎干物质质量逐渐增加。2 种播种方式小麦开花期和成熟期的营养器官干物质质量有显著性差异,均表现为半精量适播高于精量早播。在开花期,穗干物质质量差异不明显。到了成熟期,除百农 207 外,其他两品种不同播种方式的籽粒干物质质量差异不明显,颖壳穗轴干物质质量表现为精量早播显著高于半精量适播。不同播种方式营养器官干

物质转移量和转移率并无显著性差异。徐麦 856、百农 207 和百农矮抗 58 三个品种营养器官干物质转移量分别为 1.14 g、1.21 g 和 0.64 g,3 个品种营养器官单茎干物质转移率分别为 40.49%、39.97% 和 27.78%,百农矮抗 58 与其他两品种差异显著。参试品种间单茎营养器官干物质转移对籽粒贡献率差异显著,徐麦 856、百农 207 和百农矮抗 58 分别为 79.86%、69.54% 和 48.74%;而播种方式间不存在显著性差异。不同处理间经济系数变幅为 0.40 ~ 0.45,不同品种以百农 207 为最高,且与其他两品种呈显著性差异,其他两品种差异不显著。百农 207、百农矮抗 58 半精量适播的经济系数显著高于精量早播,而徐麦 856 则相反。

表 4　不同播种方式下小麦生育后期单茎茎鞘物质输出与对产量的贡献率

品种	处理	开花期			成熟期				营养器官干物质转移量/g	营养器官干物质转移率/%	营养器官干物质转移对籽粒贡献率/%	经济系数
		营养器官干物质质量/g	穗干物质质量/g	单茎干物质质量/g	营养器官干物质质量/g	籽粒干物质质量/g	颖壳穗轴干物质质量/g	单茎干物质质量/g				
徐麦 856	精量早播	2.72b	0.22	2.94b	1.61b	1.43c	0.38a	3.42c	1.11ab	40.69a	77.56a	0.42c
	半精量适播	2.90a	0.21	3.11a	1.73a	1.42c	0.36b	3.51c	1.17ab	40.28a	82.15a	0.41de
百农 207	精量早播	2.94b	0.25	3.19b	1.78b	1.66b	0.37a	3.81b	1.16ab	39.52a	70.20b	0.43b
	半精量适播	3.09a	0.25	3.34a	1.84a	1.82a	0.34b	4.00a	1.25a	40.41a	68.87b	0.45a
百农矮抗 58	精量早播	2.28b	0.25	2.53b	1.66b	1.29d	0.28a	3.23d	0.62c	27.15b	48.19c	0.40e
	半精量适播	2.30a	0.25	2.55a	1.65a	1.33d	0.26b	3.24d	0.65c	28.41b	49.25c	0.41cd

注:营养器官干物质质量包括叶片、茎和鞘的质量。

2.6　不同播种方式对小麦粒叶比的影响

粒叶比是反映库源是否协调的重要指标[7]。由表 5 可见,不同处理孕穗期小麦单位叶面积(cm^2)的实粒即实粒叶面积比是有差异的,以百农 207 半精量适播为最高,达到了 0.336,其次是百农 207 精量早播和百农矮抗 58 精量早播,但三者差异不显著,以徐麦 856 半精量适播最低,为 0.275。经多重比较,品种间差异显著而播种方式间差异不显著。孕穗期小麦的粒质量叶面积比则表现为播种方式间差异显著,精量早播高于半精量适播,平均高出 7.15%,品种间百农 207 与百农矮抗 58 差异不显著,而与徐麦 856 差异显著。开花期品种间与播种方式间的实粒叶面积比差异均不显著,两者互作后出现了显著性差异,以百农矮抗 58 半精量适播为最高,达到 0.369,其次是百农 207 半精量适播、百农 207 和徐麦 856 精量早播,以徐麦 856 半精量适播为最低,仅达到 0.339。开花期不同播种方式间的粒质量叶面积比以精量早播显著高于半精量适播,品种间百农 207 与百农矮抗 58 差异不显著,而与徐麦 856 差异显著,平均高出 8.99%。不同处理间以百农矮抗 58 和百农 207 精量早播为最高。

表 5　不同播种方式的小麦粒叶比

品种	处理	孕穗期			开花期		
		LAI	实粒叶面积比	粒质量叶面积比	LAI	实粒叶面积比	粒质量叶面积比
徐麦 856	精量早播	7.340	0.307b	10.367a	6.303	0.358abc	11.933a
	半精量适播	7.867	0.275c	9.147b	6.390	0.339c	11.336b
百农 207	精量早播	6.557	0.326a	11.601a	5.973	0.359abc	12.802a
	半精量适播	7.080	0.336a	11.408ab	6.553	0.364ab	12.311b
百农矮抗 58	精量早播	5.413	0.325a	12.184a	5.147	0.342bc	12.854a
	半精量适播	6.363	0.322ab	11.319b	5.623	0.369a	12.552b

注:不同品种同列不同字母数值间差异显著($P<0.05$);粒质量叶面积比 2 列中同一品种同列不同字母数值间差异显著($P<0.05$)。

3　结论与讨论

本研究表明,参试品种百农 207 以半精量适播产量最高,可达到 8 077.06 kg/hm^2,其产量构成因素为有效穗数 555.67 万穗/hm^2,每穗粒数 42.90 粒,千粒质量 42.37 g;徐麦 856、百农 207 精量早播的产量位列其次。百农 207 适宜大面积推广,徐麦 856 精量早播可获得高产。

小麦高产必须有较高的总干物质积累量[8],且花后干物质的积累量决定了小麦的产量[9]。本研究结果表明,中晚熟品种半精量适播,群体增长比较平缓,群体数量在拔节期达到最大,与精量早播相

比,无效分蘖数少,小麦单株分蘖数和成穗数较高,孕穗期的 LAI 最大值在 7.0 以上,开花期单茎营养器官重,单茎叶面积大,在抽穗后获取较高的干物质积累而实现了高产。晚熟品种则在穗数满足的情况下,通过精量早播,促使其前期形成稳定的生长量,中期进行合理的物质积累和后期群体物质的快速转化提高产量。如徐麦 856 拔节前促进群体迅速增长,控制群体形成适宜高峰苗数量,最高茎蘖数约为最终成穗数的 2 倍,抽穗期的茎蘖数为最终成穗数的 1.0 ~ 1.1 倍,提高分蘖成穗率至 42.78%,营养器官干物质转移率达到 40.69%,形成产量 7 609.15 kg/hm^2。

中熟品种百农矮抗 58 尽管花后干物质积累量较高,但由于其植株较为矮小,总生物学产量不高,限制了其经济产量的提高,故在徐州地区不宜作为主体品种大面积推广。

参考文献:

[1] 张翼,李庆伟,张根峰. 茬口、播期对不同筋力型小麦干物质积累与灌浆的影响[J]. 浙江农业科学,2014(9):1343-1346.

[2] 刘红杰,朱培培,倪永静,等. 不同整地方式对小麦生长发育及产量性状的影响[J]. 农业科技通讯,2014(5):52-54.

[3] 曹昌林,白文斌,史丽娟,等. 不同培肥模式对小麦光合特性和干物质积累运转及产量的影响[J]. 山西农业科学,2014,42(7):663-666,671.

[4] 阚文亮,台莲梅,王美玲,等. 不同密度及施肥比例对春小麦产量及品质的影响[J]. 现代化农业,2015(1):18.

[5] 张翼,高素玲,张根峰. 不同播期对沿黄稻区强筋型小麦产量和品质的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(27):29-32.

[6] 郭俊良,张敏,刘希伟,等. 氮肥用量对糯小麦和普通小麦干物质积累和产量影响的比较研究[J]. 华北农学报,2014,29(增刊):292-298.

[7] 邱枫,孙菊英,陈昱,等. 机插杂交粳稻超高产形成及其群体质量指标[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版),2011,32(4):47-48.

[8] 郭绍铮,彭永欣,钱维朴,等. 江苏麦作科学[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1994:183,189.

[9] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2000(11):85,221.

(上接第 10 页)

[35] Long R Q,Yang R T. Carbon nanotubes as superior sorbent for dioxin removal[J]. Journal of the American Chemical Society,2001,123(9):2058-2059.

[36] Yang K,Zhu L,Xing B. Adsorption of polycyclic aromatic hydrocarbons by carbon nanomaterials[J]. Environ Sci Technol,2006,40(6):1855-1861.

[37] Chakrapani N,Zhang Y M,Nayak S K,*et al*. Chemisorption of acetone on carbon nanotubes[J]. The Journal of Physical Chemistry B,2003,107(35):9308-9311.

[38] Xie X,Gao L,Sun J. Thermodynamic study on aniline adsorption on chemical modified multi-walled carbon nanotubes[J]. Colloids and Surfaces A (Physicochemical and Engineering Aspects), 2007, 308 (1/2/3): 54-59.

[39] 孙明礼,成荣明,徐学诚,等. 苯酚及取代酚在碳纳米管上的吸附研究[J]. 化学研究与应用,2006,18(1):13-16.

[40] 赵峥逸,周天舒,杨勤燕,等. 碳纳米管修饰传感器对农药敌草隆的快速测定方法研究[J]. 上海化工,2008,33(6):12-17.

[41] 屈永霞,黄杉生,李瑞娜,等. 碳纳米管传感器方波伏安法检测环境水样中的百草枯[J]. 分析试验室,2008,27(7):35-38.

[42] 刘润,郝玉翠,康天放. 基于碳纳米管修饰电极检测有机磷农药的生物传感器[J]. 分析试验室,2007,26(9):9-12.

[43] Wu K,Hu S,Fei J,*et al*. Mercury-free simultaneous determination of cadmium and lead at a glassy carbon electrode modified with multi-wall carbon nanotubes[J]. Analytica Chimica Acta,2003,489(2):215-221.

[44] 肖亦,潘献晓,晋玉秀,等. 碳纳米管修饰玻碳电极同时测定土壤中的铜和镉[J]. 商丘师范学院学报,2006,22(2):121-124.