

皖北地区高产小麦品种产量形成特性研究

代梦雪, 张孟孟, 张海鹏*, 丁文金, 陈园园, 陶斯娜

(安徽农业大学农学院, 合肥 230036)

摘要: 选用烟农 19、中麦 578、伟隆 169、华成 1688、安农 1589、天益科 5 号、荃麦 725、安农 0711、西农 99、华展 199 和中育 1211 共 11 个适宜皖北地区种植的小麦品种, 研究分析了各小麦品种的产量、群体动态变化、干物质转运积累与分配等特性。结果表明, 11 个供试小麦品种产量均达到 7 000 kg·hm⁻² 以上, 属高产小麦品种; 其中伟隆 169、荃麦 725、西农 99 和华展 199 的产量都达到了 8 000 kg·hm⁻² 以上, 产量构成协调, 穗数及成穗率较高, 并且干物质积累量、干物质在籽粒中的分配量以及干物质转运量高于其他品种。相关分析表明, 产量与分蘖成穗率呈显著正相关, 与穗数呈极显著正相关, 伟隆 169、荃麦 725、西农 99 和华展 199 穗数、分蘖成穗率较高, 具有较高产量, 适宜皖北地区推广种植。

关键词: 小麦品种; 群体动态; 干物质转运; 产量; 相关分析

中图分类号: S512.102

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2022)03-0400-05

Study on yield formation characteristics of high-yielding wheat cultivars in Northern Anhui

DAI Mengxue, ZHANG Mengmeng, ZHANG Haipeng, DING Wenjin, CHEN Yuanyuan, TAO Sina

(School of Agronomy, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: Eleven wheat varieties suitable for planting in Northern Anhui were selected, including Yannong 19, Zhongmai 578, Weilong 169, Huacheng 1688, Annong 1589, Tianyike No. 5, Quanmai 725, Annong 0711, Xinong 99, Huazhan 199 and Zhongyu 1211, to study and analyze the characteristics of yield, population dynamic change, dry matter transport, accumulation and distribution of each wheat variety. The results showed that: the yields of the 11 tested wheat varieties reached more than 7 000 kg·hm⁻², belonging to high-yielding wheat varieties, and among them, the yields of four wheat varieties, Weilong 169, Quanmai 725, Xinong 99 and Huazhan 199, reached more than 8 000 kg·hm⁻²; the yield composition was coordinated, the number of panicles and panicle rate were high, and the dry matter accumulation, dry matter distribution in grains and dry matter transport were higher than those of other varieties. Correlation analysis showed that yield was significantly and positively correlated with the tiller spike rate and highly significant positive correlated with the spike number. The four wheat varieties, Weilong 169, Quanmai 725, Xinong 99 and Huazhan 199, had high panicle number and tiller panicle rate and high yield, indicating which are suitable for popularization and planting in Northern Anhui.

Key words: wheat varieties; group dynamics; dry matter transport; yield; correlation analysis

皖北地区处于安徽省北部, 属于黄淮南部冬麦区, 小麦种植面积占全省 70%^[1], 该地区处于南北气候过渡带, 温光资源充沛, 能满足小麦生长发育的需求, 具有重要的战略地位。因此在皖北地区筛选种植高产小麦品种, 充分利用温光资源, 对我国粮食生产具有重要意义。

小麦产量是基因与环境共同作用的结果, 研究

表明不同的区域的小麦产量构成特性也不同^[2-3]。由于我国幅员辽阔, 南北气候差异大, 小麦种植地域差异也存有不同, 因此同一产量构成特性不能适用于我国所有小麦种植区, 分析不同小麦种植区域的小麦产量构成特性进而总结出一套适合当地小麦的产量构成特性是我们必须解决的问题。

为探究皖北地区高产小麦产量形成特征, 本试

收稿日期: 2021-09-02

基金项目: 埇桥区 2020 年科技攻关项目 (003191711/202007-00004) 资助。

作者简介: 代梦雪, 硕士。E-mail: 15055603696@163.com

* 通信作者: 张海鹏, 副教授。E-mail: nxyzhp@163.com

验以 11 个适宜皖北地区种植的小麦品种为试验材料, 探究不同小麦品种穗数、穗粒数、千粒重与产量之间的关系以及干物质积累、转运与分配特性对不同小麦品种的影响, 为皖北地区高产小麦育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验在安徽省宿州市埇桥区安徽农业大学皖北综合试验站进行, 土壤为砂姜黑土, 小麦种植前 0~20 cm 土壤有机物含量为 16.41 g·kg⁻¹, 全氮为 0.95 mg·kg⁻¹, 有效磷、速效钾和碱解氮分别为 11.43、411 和 49.68 mg·kg⁻¹, pH 为 7.60。试验地前茬作物为玉米。供试小麦品种为: 烟农 19、中麦 578、伟隆 169、华成 1688、安农 1589、天益科 5 号、荃麦 725、安农 0711、西农 99、华展 199 和中育 1211 共 11 个小麦品种。每个品种作为 1 个小区, 行距 20 cm, 小区种植面积 40 m², 3 次重复。

1.2 测定指标及取样方法

1.2.1 测定指标 群体动态调查: 在苗期、分蘖期、拔节期、孕穗期和成熟期随机调查 1 m² 内总茎数, 3 次重复。

分蘖成穗率=拔节期群体总茎数/成熟期群体总茎数×100% (1)

千粒重: 随机数取种子 3 个重复, 每个重复 1 000 粒, 记录重量 (折合成标准水分)。

穗粒数: 成熟期每小区随机取 30 穗, 记录每个穗的穗粒数, 最后取平均值。

实际产量: 成熟期进行收获, 每小区收获 2 m², 折合成 13%含水量计产。

1.2.2 取样方法 于开花期、成熟期在每小区取 40

株单茎, 重复 3 次, 105 °C 杀青 30 min, 分器官烘干称重并按下列公式计算相应指标。

花前干物质转运量/(kg·hm⁻²)=开花期营养器官干重 - 成熟期营养器官干重 (2)

花前干物质转运率/%=花前干物质转运量/开花期营养器官干重×100 (3)

开花期营养器官储存干物质对籽粒贡献率/%=花前干物质转运量/籽粒重量×100 (4)

花后干物质同化量/(kg·hm⁻²)=成熟期籽粒产量 - 花前干物质转运量 (5)

花后干物质在籽粒中的分配量/%=花后干物质同化量/籽粒重量×100 (6)

1.3 数据处理与分析

使用 Microsoft Excel 2019 对试验数据进行处理以及做表, 使用 DPS v7.05 软件对各项数据进行差异显著性分析 (LSD), 使用 SPSS 对数据进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 不同小麦品种的产量及其构成因素

由表 1 可知, 11 个供试小麦品种均达到了 7 000 kg·hm⁻² 以上的高产水平, 产量差异在 1 431 kg·hm⁻², 其中 4 个品种, 包括伟隆 169、荃麦 725、西农 99 和华展 199 都达到了 8 000 kg·hm⁻² 的高产水平, 以伟隆 169 产量最高, 达 8 664 kg·hm⁻²。伟隆 169、荃麦 725、西农 99 和华展 199 的产量在 8 000 kg·hm⁻² 以上的小麦品种均表现出了较高的穗数、穗粒数和千粒重。伟隆 169 的穗数、千粒重和穗粒数分别为 586 万株·hm⁻²、46.08 g 和 37.89 粒·穗⁻¹, 均处于中上水平。

表 1 不同小麦品种的产量及其构成因素

Table 1 Yields of different wheat varieties and their constituent factors

品种	穗数/(10 ⁴ ·hm ⁻²)	穗粒数	千粒重/g	产量/(kg·hm ⁻²)
烟农 19	485±0.71 ^f	44.89±0.13 ^a	42.29±0.12 ⁱ	7 807±33.64 ^{de}
中麦 578	555±10.92 ^c	29.86±0.50 ⁱ	54.71±0.03 ^a	7 732±102.60 ^{de}
伟隆 169	586±5.15 ^a	37.89±0.31 ^c	46.08±0.12 ^g	8 664±81.42 ^a
华成麦 1688	577±4.76 ^{ab}	34.56±0.55 ^e	46.85±0.41 ^f	7 993±14.33 ^{cd}
安农 1589	570±1.47 ^b	33.50±0.16 ^{fg}	47.71±0.03 ^e	7 752±44.44 ^{de}
天益科 5 号	462±3.57 ^g	38.99±0.62 ^b	47.92±0.06 ^e	7 322±142.56 ^f
荃麦 725	590±1.91 ^a	36.79±0.28 ^d	45.08±0.03 ^h	8 321±170.86 ^b
安农 0711	530±1.11 ^d	37.78±0.46 ^{cd}	42.31±0.08 ⁱ	7 233±116.81 ^f
西农 99	585±0.48 ^a	31.32±0.38 ^h	52.60±0.02 ^b	8 207±238.76 ^{bc}
华展 199	582±4.05 ^{ab}	32.55±0.32 ^g	50.66±0.03 ^d	8 161±241.31 ^{bc}
中育 1211	507±6.19 ^e	34.05±0.63 ^{ef}	51.12±0.04 ^c	7 497±103.63 ^{ef}

注: 不同小写字母表示同一处理下不同品种性状差异达 0.05 水平 ($P < 0.05$)。下同。

2.2 不同小麦品种各个生育期的群体动态以及分蘖成穗率

由表 2 可知, 11 个小麦品种在拔节期之前群体动态都呈不断增加的趋势, 均在拔节期达到分蘖高峰; 中育 1211 的出苗率最高, 达到了 362 万株·hm⁻²; 安农 1589 的分蘖能力最强, 最高分蘖可达每公顷 1604 万株; 伟隆 169 的分蘖能力最弱, 最高分蘖为

每公顷 1 275 万株。成熟期荃麦 725 的穗数最高, 为 590 万株·hm⁻²; 天益科 5 号的穗数最低, 为 462 万株·hm⁻²。分蘖成穗率较高的品种有伟隆 169、华展 199、西农 99 和荃麦 725, 成穗率分别为 45.97%, 44.38%, 41.46%和 40.40%。由于试验期间发生了倒春寒, 华成麦 1688 与安农 1589 两个小麦品种穗部出现明显冻伤现象, 出现部分死穗, 导致成穗率下降。

表 2 不同小麦品种各个生育期的群体动态以及分蘖成穗率

Table 2 Population dynamics of different wheat varieties at various fertility stages and tiller to spike rate

品种	每 hm ² 群体总茎数 (×10 ⁴ 个)					分蘖成穗率/%
	基本苗	分蘖期	拔节期	孕穗期	成熟期	
烟农 19	280±4.62 ^{ef}	791±5.24 ^f	1 445±45.39 ^c	790±20.63 ^a	485±0.71 ^f	33.60±1.10 ^{de}
中麦 578	268±2.45 ^f	905±9.95 ^{de}	1 430±8.25 ^c	718±8.25 ^b	555±10.92 ^c	38.85±0.87 ^c
伟隆 169	289±9.57 ^{de}	1 080±14.38 ^c	1 275±16.50 ^f	789±19.80 ^a	586±5.15 ^a	45.97±0.23 ^a
华成麦 1688	340±1.68 ^b	1 195±6.59 ^a	1 802±8.66 ^a	740±15.68 ^b	577±4.76 ^{ab}	32.02±0.15 ^e
安农 1589	289±1.49 ^{de}	937±5.43 ^d	1 604±11.08 ^b	589±1.65 ^f	570±1.47 ^b	35.55±0.16 ^d
天益科 5 号	290±3.44 ^{de}	1 195±6.60 ^a	1 315±26.41 ^{ef}	523±14.03 ^e	462±3.57 ^e	35.15±0.95 ^d
荃麦 725	317±4.20 ^c	1 140±12.38 ^b	1 461±21.47 ^c	637±4.13 ^{cde}	590±1.91 ^a	40.40±0.70 ^{bc}
安农 0711	335±5.04 ^b	939±25.43 ^d	1 358±18.98 ^{de}	663±3.30 ^c	530±1.11 ^d	39.05±0.61 ^c
西农 99	319±8.40 ^c	751±18.98 ^g	1 414±15.68 ^{cd}	649±4.13 ^{cd}	585±0.48 ^a	41.46±0.38 ^b
华展 199	297±5.95 ^d	871±22.95 ^e	1 313±14.03 ^{ef}	612±6.60 ^{ef}	582±4.05 ^{ab}	44.38±0.56 ^a
中育 1211	362±4.20 ^a	752±7.43 ^g	1 471±23.52 ^c	620±1.26 ^{def}	507±6.19 ^e	34.46±0.62 ^d

表 3 不同小麦品种的花前花后干物质再分配及对籽粒干物质的贡献率

Table 3 Pre- and post-flowering dry matter redistribution and contribution to seed dry matter of different wheat varieties

品种	花前干物质转运			花后干物质	
	转运量/(kg·hm ⁻²)	转运率/%	对籽粒干物质贡献率/%	积累量/(kg·hm ⁻²)	对籽粒干物质贡献率/%
烟农 19	2 687±87.03 ^{gh}	26.64±1.55 ^d	26.46±1.13 ^d	7 484±277.02 ^{bc}	73.54±1.13 ^a
中麦 578	2 964±19.81 ^g	24.63±0.17 ^d	26.21±0.59 ^d	8 352±209.31 ^{ab}	73.79±0.59 ^a
伟隆 169	4 629±60.80 ^{bc}	38.32±0.24 ^a	40.28±1.07 ^c	6 887±390.87 ^c	59.72±1.07 ^b
华成麦 1688	2 870±104.88 ^g	21.00±0.62 ^e	24.06±0.39 ^d	9 077±507.95 ^a	75.94±0.39 ^a
安农 1589	4 380±79.22 ^{cd}	36.75±0.74 ^a	39.21±0.82 ^c	6 803±304.58 ^{cd}	60.79±0.82 ^b
天益科 5 号	3 862±119.18 ^{ef}	33.16±0.92 ^c	39.92±1.44 ^c	5 818±174.98 ^{de}	60.08±1.44 ^b
荃麦 725	4 155±125.46 ^{de}	33.10±0.96 ^c	44.73±2.14 ^{ab}	5 152±294.68 ^{ef}	55.27±2.14 ^{cd}
安农 0711	3 634±139.93 ^f	33.76±0.78 ^{bc}	46.02±1.93 ^{ab}	4 267±183.54 ^f	53.98±1.93 ^{cd}
西农 99	5 181±79.05 ^a	35.88±0.88 ^{ab}	42.78±1.96 ^{bc}	6 966±475.92 ^c	57.22±1.96 ^{bc}
华展 199	4 896±110.52 ^{ab}	36.07±0.48 ^{ab}	47.47±1.20 ^a	5 427±250.61 ^e	52.53±1.20 ^d
中育 1211	2 547±133.11 ^h	24.69±0.98 ^d	26.17±0.86 ^d	7 530±300.25 ^{bc}	73.83±0.86 ^a

2.3 不同小麦品种花前花后的干物质再分配以及对籽粒干物质的贡献率

由表 3 可知, 11 个小麦品种均是花后干物质对于籽粒贡献率高于花前干物质对于籽粒贡献率, 可见不同小麦品种籽粒产量均主要来源于花后干物质积累, 这与张均华等^[4]的理论相一致。西农 99、华展 199 伟隆 169 和荃麦 725 4 个小麦品种的花前干物质转运量以及对籽粒贡献率均处于较高水平; 花前干物质转运量分别为: 5 181、4 896、4 629 和 4 155 kg·hm⁻²。西农 99 的花前干物质转运量最大, 为 5 181

kg·hm⁻²; 华展 199 花前干物质对籽粒贡献率最高, 为 47.47%。伟隆 169、西农 99、华展 199 和荃麦 725 远高于其他品种的花前干物质转运量以及转运率为后期其籽粒生长提供足够碳源, 是此 4 种小麦品种形成高产的生理原因, 这与前人研究结果相一致^[5]。

花后干物质积累量与花后干物质对籽粒的贡献率均以华成麦 1688 最高。华成麦 1688 的花后干物质积累量除与中麦 578 没有显著性差异外, 显著高于其他小麦品种。伟隆 169、西农 99、华展 199、

荃麦 725 这 4 个小麦品种的花后干物质积累量以及对籽粒贡献率均处于中下水平。

2.4 不同小麦品种成熟期干物质在各器官中的分配量及比例

由表 4 可知, 不同小麦品种成熟期干物质在各器官中的分配量和比例均为籽粒>茎鞘+叶片>颖壳+穗轴, 且在籽粒与茎鞘+叶片的分配量远大于在颖壳+穗轴的分配量。成熟期干物质在籽粒中分配

比例较高的小麦品种有: 伟隆 169、安农 1589 和中育 1211; 其中伟隆 169 成熟期的干物质在籽粒中的分配比例最高, 为 54.35%; 在茎鞘+叶片中分配比例最少, 为 32.95%; 其成熟期干物质在颖壳+穗轴中所占比例为 12.75%, 属于较低水平。11 个小麦品种中, 伟隆 169 的干物质在籽粒中所占比例最大, 在茎鞘+叶片所占比例最少, 使得其收获指数远高于其他小麦品种, 是其获得最高产的原因之一。

表 4 不同小麦品种的成熟期干物质在各器官中的分配量及比例

Table 4 Distribution and proportion of dry matter in each organ at maturity of different wheat varieties

品种	籽粒		茎鞘+叶片		颖壳+穗轴	
	分配量/g	比例/%	分配量/g	比例/%	分配量/g	比例/%
烟农 19	2.10±0.11 ^a	49.36±0.59 ^{cd}	1.51±0.02 ^{bc}	36.99±0.41 ^d	0.58±0.02 ^{abc}	13.65±0.20 ^{abc}
中麦 578	2.04±0.09 ^{ab}	47.08±2.21 ^{def}	1.59±0.04 ^{ab}	38.44±0.85 ^{bcd}	0.63±0.08 ^a	14.49±1.63 ^{ab}
伟隆 169	1.96±0.12 ^{ab}	54.35±0.82 ^a	1.19±0.05 ^e	32.95±0.88 ^f	0.46±0.03 ^{cd}	12.75±0.06 ^{bc}
华成麦 1688	2.07±0.18 ^{ab}	44.91±0.45 ^f	1.69±0.06 ^a	42.35±0.24 ^a	0.59±0.08 ^{ab}	12.75±0.68 ^{bc}
安农 1589	1.96±0.12 ^{ab}	52.09±0.06 ^{ab}	1.42±0.02 ^{cd}	35.21±0.31 ^e	0.48±0.03 ^{bcd}	12.70±0.33 ^{bc}
天益科 5 号	2.10±0.05 ^{ab}	48.19±0.86 ^{cde}	1.69±0.08 ^a	38.71±0.94 ^{bc}	0.57±0.02 ^{abc}	13.11±0.08 ^{abc}
荃麦 725	1.58±0.07 ^c	45.83±0.23 ^{ef}	1.36±0.01 ^d	41.37±0.28 ^a	0.44±0.02 ^d	12.80±0.09 ^{bc}
安农 0711	1.49±0.04 ^c	45.63±0.36 ^{ef}	1.35±0.04 ^d	41.32±0.18 ^a	0.43±0.03 ^d	13.05±0.46 ^{abc}
西农 99	2.07±0.13 ^{ab}	49.01±0.20 ^{cd}	1.67±0.03 ^a	37.56±0.13 ^{cd}	0.57±0.03 ^{abc}	13.43±0.14 ^{abc}
华展 199	1.77±0.07 ^{bc}	46.13±0.65 ^{ef}	1.49±0.02 ^{bc}	39.18±0.46 ^b	0.56±0.02 ^{abc}	14.69±0.28 ^a
中育 1211	2.01±0.10 ^{ab}	50.30±0.60 ^{bc}	1.54±0.01 ^b	37.62±0.24 ^{bcd}	0.48±0.01 ^{bcd}	12.08±0.38 ^c

表 5 各性状与产量的相关性分析

Table 5 Correlation analysis of each trait with yield

性状	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1												
2	-0.58	1											
3	0.23	-0.84**	1										
4	0.57	-0.26	0.18	1									
5	0.32	-0.05	-0.16	0.69*	1								
6	0.56	-0.28	0.14	0.75**	0.85**	1							
7	0.04	-0.22	0.39	-0.45	-0.87**	-0.49	1						
8	-0.32	0.05	0.16	-0.69*	-1.00**	-0.85**	0.87**	1					
9	-0.30	-0.02	0.41	-0.40	-0.65*	-0.25	0.79**	0.65*	1				
10	-0.03	0.14	0.03	0.20	-0.03	0.21	0.17	0.03	0.40	1			
11	-0.29	-0.26	0.51	-0.49	-0.47	-0.27	0.53	0.47	0.65*	-0.39	1		
12	0.03	-0.14	-0.03	-0.19	0.03	-0.21	-0.17	-0.03	-0.40	-1.00**	0.39	1	
13	0.75**	-0.13	0.08	0.62*	0.20	0.53	0.14	-0.20	0.01	0.27	-0.29	-0.27	1

注: *和**分别为 0.05 及 0.01 水平上的显著性差异。1. 穗数; 2. 穗粒数; 3. 千粒重; 4. 分蘖成穗率; 5. 花前干物质贡献率; 6. 花前转运量; 7. 花后积累量; 8. 花后干物质贡献率; 9. 籽粒分配量; 10. 籽粒分配比例; 11. 营养器官分配量; 12. 营养器官分配比例; 13. 产量。

2.5 各性状与产量的相关性分析

由表 5 可知, 产量与穗粒数、花后干物质贡献率、营养器官分配量与分配比例呈负相关但未达到显著负相关, 与其余性状呈正相关, 且与分蘖成穗率呈显著正相关与穗数呈极显著正相关。从产量三要素来看穗粒数与千粒重呈显著极显著负相关, 与其

他性状无显著相关性; 穗数与千粒重与其他性状均无显著相关性。分蘖成穗率与花前转运量呈极显著正相关与花前干物质贡献率呈显著正相关。

3 讨论与结论

产量由花前干物质转运和花后干物质积累构

成^[6],且与成熟期干物质在各器官中的分配有关^[7-8];不同品种的小麦花前干物质转运量与花后干物质积累量存在差异^[9]。有研究表明^[10-12],小麦地上部干物质生产是产量形成的重要物质基础,也是光合作用产物积累和转移的最高形式。合理的群体结构和较高的干物质积累是获得小麦高产的基础和前提,开花至成熟阶段的干物质生产、积累和分配,是进一步高产的主要限制因素。因此,随着小麦生产潜力的提高,小麦要想达到更高的产量水平,需在产量三因素协调的基础条件下,保证足够的花前干物质的转运量以及花后干物质的积累量。

穗数、穗粒数和千粒重是小麦产量构成三因素,前人对此进行大量研究:有研究认为小麦产量的提高受千粒重影响最大^[13];有试验了新麦 11、新麦 9408、淮麦 20 等多个小麦品种,认为穗粒数对小麦产量的影响最大^[14-16]。本试验通过相关性分析得出皖北地区高产小麦品种产量与穗数相关性最高,这与田纪春^[17]、杨春玲^[18]等研究结果相似,这主要与种植品种、当地气候以及土壤情况等有关。皖北地区具有较优越的温光资源,但砂姜黑土严重缺磷少氮,钾较为丰富,土壤肥力较差,因此,关于该地区高产小麦产量形成特性仍需进一步研究。

不同小麦品种的群体结构、干物质积累量、干物质在籽粒中的分配量以及干物质转运量存在差异,小麦产量是多个因素共同作用的结果。本试验通过对小麦部分农艺性状以及干物质积累、转运和分配的客观研究分析可知,皖北地区不同小麦品种产量与分蘖成穗率成显著正相关与穗数呈极显著正相关;与穗粒数呈负相关与千粒重呈正相关,但相关性不显著,这说明在当前产量基础下,提高穗数与分蘖成穗率是获得进一步高产的途径。本试验结果与前人研究或同或异^[15, 19-20],这可能与栽培措施和栽培环境有关。

伟隆 169、荃麦 725、西农 99 和华展 199 这 4 个小麦品种穗数、分蘖成穗率及花前干物质积累量较高,具有较高产量,适宜皖北地区推广种植。皖北地区产量较高的小麦品种穗数以及分蘖成穗率都较高,皖北地区进行品种选育及品种引进时可考虑穗数和分蘖成穗率较高的小麦品种。

参考文献:

- [1] 胡承霖. 安徽麦作学[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2009.
- [2] ZHENG T C, ZHANG X K, YIN G H, et al. Genetic gains in grain yield, net photosynthesis and stomatal conductance achieved in Henan Province of China between 1981 and 2008[J]. *Field Crops Res*, 2011, 122(3): 225-233.
- [3] 买春艳, 李洪杰, 刘宏伟, 等. 北方冬麦区小麦品种产量相关性状和幼穗分化特点研究[J]. *麦类作物学报*, 2018, 38(7): 773-781.
- [4] 张均华, 刘建立, 张佳宝, 等. 施氮量对稻麦干物质转运与氮肥利用的影响[J]. *作物学报*, 2010, 36(10): 1736-1742.
- [5] 田中伟, 王方瑞, 戴廷波, 等. 小麦品种改良过程中物质积累转运特性与产量的关系[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(4): 801-808.
- [6] ERCOLI L, LULLI L, MARIOTTI M, et al. Post-anthesis dry matter and nitrogen dynamics in durum wheat as affected by nitrogen supply and soil water availability[J]. *Eur J Agron*, 2008, 28(2): 138-147.
- [7] 周羊梅, 顾正中, 王安邦, 等. 小麦主茎光合产物的运转与分配[J]. *核农学报*, 2008, 22(1): 80-83.
- [8] 胡卫丽, 王永华, 李刘霞, 等. 氮密调控对两种穗型冬小麦品种茎秆干物质积累与转运的影响[J]. *麦类作物学报*, 2014, 34(6): 808-815.
- [9] 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]. *Eur J Agron*, 2006, 25(4): 309-318.
- [10] 李国强, 汤亮, 张文字, 等. 不同株型小麦干物质积累与分配对氮肥响应的动态分析[J]. *作物学报*, 2009, 35(12): 2258-2265.
- [11] 张园, 郭国安, 田文仲, 等. 黄淮区旱作条件下高产冬小麦品种筛选及高产指标研究[J]. *江西农业学报*, 2017, 29(6): 7-12.
- [12] 孟凡德, 马林, 石书兵, 等. 不同耕作条件下春小麦干物质积累动态及其相关性状的研究[J]. *麦类作物学报*, 2007, 27(4): 693-698.
- [13] 刘朝辉, 李江伟, 付亮, 等. 黄淮南片小麦产量与构成因素的相关和通径分析[J]. *浙江农业科学*, 2013, 54(6): 654-655.
- [14] 冯家春, 邓贺明, 胡亚敏, 等. 黄淮南部小麦高产品种产量三要素及选择模式探讨[J]. *安徽农业科学*, 2006, 34(1): 73-74.
- [15] 王美芳, 雷振生, 吴政卿, 等. 黄淮冬麦区小麦产量及品质改良现状分析[J]. *麦类作物学报*, 2013, 33(2): 290-295.
- [16] 孙本普, 王勇, 李秀云, 等. 不同年份的气候和栽培条件对冬小麦产量构成因素的影响[J]. *麦类作物学报*, 2004, 24(2): 83-87.
- [17] 田纪春, 邓志英, 胡瑞波, 等. 不同类型超级小麦产量构成因素及籽粒产量的通径分析[J]. *作物学报*, 2006, 32(11): 1699-1705.
- [18] 杨春玲, 关立, 侯军红, 等. 黄淮麦区小麦产量构成因素效用研究[J]. *山东农业科学*, 2007, 39(4): 19-23.
- [19] 赵倩, 姜鸿明, 孙美芝, 等. 山东省区试小麦产量与产量构成因素的相关和通径分析[J]. *中国农学通报*, 2011, 27(7): 42-45.
- [20] 宋志伟, 杨首乐. 春性小麦品种主要农艺性状与产量的相关及通径分析[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(5): 174-176.