

不同栽培方式对冬小麦品种籽粒灌浆及产量的影响

邵千顺, 杨琳*, 王克雄, 陈智君

(宁夏农林科学院固原分院, 宁夏 固原 756000)

摘要:为了探寻适合旱地冬小麦栽培模式, 试验选用水旱兼用品种宁冬16号和旱地品种宁冬13号, 研究全膜覆土穴播模式(T_1)、农民习惯栽培模式—露地条播(T_2)和不覆膜穴播模式(T_3)对冬小麦干物质积累、籽粒灌浆特性、产量及产量构成因子等的影响。结果表明, 3种栽培模式下花后各营养器官干物质积累变化趋势基本一致。不同播种方式小麦各营养器官中干物质积累量和分配率在成熟期表现为: 籽粒>茎秆>颖壳>叶鞘>叶片>穗轴, 其中籽粒中干物质质量占植株总量的比例最大, 其分配率达到41.6%~46.0%。籽粒干物质增加过程符合Richards生长方程。灌浆速率均呈“单峰”曲线, 且呈“慢-快-慢”的变化趋势。不同品种间灌浆速率差异明显, 但种内不同栽培方式间灌浆速率变化趋势基本一致。灌浆速率拟合方程因品种和栽培方式不同而有所差异。宁冬16号3种栽培方式间籽粒灌浆速率变化符合三次曲线方程, 宁冬13号籽粒灌浆速率在 T_1 模式下符合二次方程, T_2 和 T_3 模式符合Log-modified模型。从产量及产量构成因子来看, T_1 产量均高于 T_2 和 T_3 , 但 T_{1-13} 与 T_{2-13} 和 T_{3-13} 间差异不显著, 且 T_1 模式下千粒重和公顷穗数均高于 T_2 和 T_3 。综合来看, 宁冬16号更适宜 T_1 模式种植, 宁冬13号在降雨较充足的地区不适宜 T_1 模式, T_2 模式更为适宜。

关键词:小麦; 栽培模式; 干物质积累; 灌浆特性

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)04-0009-06

Effects of Different Cultivation Methods on Grain Filling Characteristics of Different Winter Wheat Varieties

SHAO Qianshun, YANG Lin*, WANG Kexiong, CHEN Zhijun

(Guyuan Branch of Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Guyuan 756000, China)

Abstract: In order to explore suitable cultivation mode for dry land winter wheat, the experiment with irrigated and dry land variety Ningdong16 and upland variety Ningdong13 were carried out to analyze the effects of whole-film mulching (T_1), farmers' conventional cultivation modes (T_2) and no-film mulching (T_3) on dry matter accumulation, grain filling characteristics, yield and yield composition factors. The results showed that the changing trend of dry matter accumulation in the vegetative organs after flowering was basically the same under the three cultivation modes. The dry matter accumulation and allocation rate in different vegetative organs of winter wheat under different sowing in the mature shows as: grain > stem > leaf > clever shell > leaf > cob, the quality of grain dry matter accounted for the largest percentage of total plant and the distribution rate is 41.6%~46.0%. The increase trend of dry matter in grain conforms to the Richards equation. The grouting rate showed a "single peak" curve and a "slow-fast-slow" trend. There were significant differences in grout rate among different cultivars, but the variation trend of grout rate among different cultivars was basically the same. Grouting rate fitting equation varies with varieties and cultivation methods. The change of grain filling rate between three cultivation methods of Ningdong 16 conforms to the cubic curve equation, and the grain filling rate of Ningdong 13 conforms to the quadratic equation under T_1 mode, and the grain filling rate of T_2 and T_3 conforms to the log-modified model. In terms of yield and yield components, the yield of T_1 was higher than that of T_2 and T_3 , but there was no significant difference among T_{1-13} , T_{2-13} and T_{3-13} . Moreover, the mass of 1,000 grains and the number of panicle per hectare in T_1 mode were both higher than that of T_2 and T_3 . Generally speaking, Ningdong 16 is more suitable for T_1 mode, while Ningdong 13 is more suitable for T_2 mode in

收稿日期: 2019-09-17

基金项目: 农业科技创新引导资金项目(NKYQ-18-12); 宁夏回族自治区小麦育种专项(2018NYYZ02-06)

作者简介: 邵千顺(1986-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事小麦遗传育种研究。

通讯作者: 杨琳, 女, 研究员, E-mail: nxgyyl@126.com

areas with sufficient rainfall.

Key words: Wheat; Cultivation mode; Dry matter accumulation; Grain-filling characteristics

小麦籽粒灌浆特征是影响籽粒产量的重要生理性状,研究小麦籽粒灌浆特性可为籽粒产量目标制定及育种策略抉择提供重要依据^[1-2]。灌浆期是小麦生长的重要生理阶段。灌浆期间小麦籽粒得以充实,并形成小麦的最终产量,研究小麦籽粒灌浆过程对揭示小麦生长发育特性具有重要意义。

籽粒重量是作物产量三要素之一,是提高产量的关键。目前,关于小麦籽粒重量与灌浆特性的关系研究多采用多项式方程^[3-7]、Logistic方程^[8-13]、Richard方程^[14-15]、Log-modified模型等进行拟合,对灌浆特征参数进行分析。由于小麦品种及生长环境等存在差异,籽粒重量与灌浆特征参数的具体关系尚未达成一致的结论,且以往的研究多偏向于个别品种或栽培条件等单个因素对灌浆特性的影响上,而针对栽培方式和不同小麦品种复合因素影响的研究较少。宁南山区是宁夏冬小麦的主要种植区域,种植面积占全区的50%以上,因此,研究该地区不同栽培方式及不同小麦品种籽粒灌浆特性,对探索不同栽培方式下冬小麦产量提高具有重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2018年9月至2019年7月在宁夏农林科学院固原分院彭阳育种基地进行。试验区属半干旱雨养区,全年无灌溉,该年度小麦全生育期降雨量为250 mm,其中60%~70%的降水集中在7月至9月。试验采用单因素随机不完全区组设计。共设3种栽培模式(表1),选用水旱兼用品种宁冬16号和旱地品种宁冬13号。小区面积为50 m²(5 m×10 m),共6个处理,每个处理重复3次,各处理的播种行距为20 cm,播量按公顷基本苗

4.5×10⁶株计算,宁冬16号195.0 kg/hm²,宁冬13号为191.3 kg/hm²。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 小麦干物质测定

于小麦开花期每小区选取200个开花时间、生长均匀一致的单茎,统一挂牌标记,并于开花期、花后7、14、21、28、35 d和成熟期分别取样。每次取样30个单茎,按照叶片、茎秆、叶鞘、穗轴、颖壳、籽粒进行分解,然后在105℃杀青30 min,80℃烘干至恒重,分别称干物重。干物质积累与转运特征参数按以下公式计算:花后干物质积累量=成熟期干重-开花期干重;花后干物质积累对籽粒的贡献率=(花后干物质积累量/粒重)×100%。

1.2.2 灌浆速率测定

于开花期每小区选取210个开花时间、生长均匀一致的单茎,统一挂牌标记,自开花之日起,每隔5 d取10穗,剥出中部4小穗籽粒,在105℃下杀青30 min后于80℃烘干至恒重,称量并换算成千粒重^[14]。灌浆速率(g/d·100粒)=籽粒干物质增重(g)/灌浆间隔天数(d);灌浆持续期(g/d·100粒):从开花至最大粒重的天数;最大灌浆速率:灌浆期测定的灌浆速率最大值。

1.2.3 产量及产量三要素测定

成熟期,每小区调查3个1 m双行固定样点的小麦,统计穗数;选取30个有代表性的麦穗,统计籽粒数;收获晒干去杂后,数3次1 000粒分别称量,测定千粒重;每小区收割3个1 m²面积小麦,然后混合脱粒、晒干称量,折算成单位面积籽粒产量(kg/hm²)。

1.2.4 数据分析

利用Excel 2010进行数据整理和制图,利用Duncan's新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同栽培方式对冬小麦各器官干物质积累的影响

由图1可知,各处理间的营养器官花后干物质积累动态变化趋势一致,而干物质积累峰值因基因型、栽培方式和营养器官不同而产生差异。从品种方面来看,宁冬16号叶片、叶鞘、茎秆、穗轴和颖壳干物质积累量都明显高于宁冬13号相应器官干物质积累量,这是基因型差异的结果。

表1 试验材料及栽培方式

序号	处理	品种	栽培方式
1	T ₁₋₁₆	宁冬16号	全膜覆土穴播
2	T ₂₋₁₆	宁冬16号	露地条播
3	T ₃₋₁₆	宁冬16号	不覆膜穴播
4	T ₁₋₁₃	宁冬13号	全膜覆土穴播
5	T ₂₋₁₃	宁冬13号	露地条播
6	T ₃₋₁₃	宁冬13号	不覆膜穴播

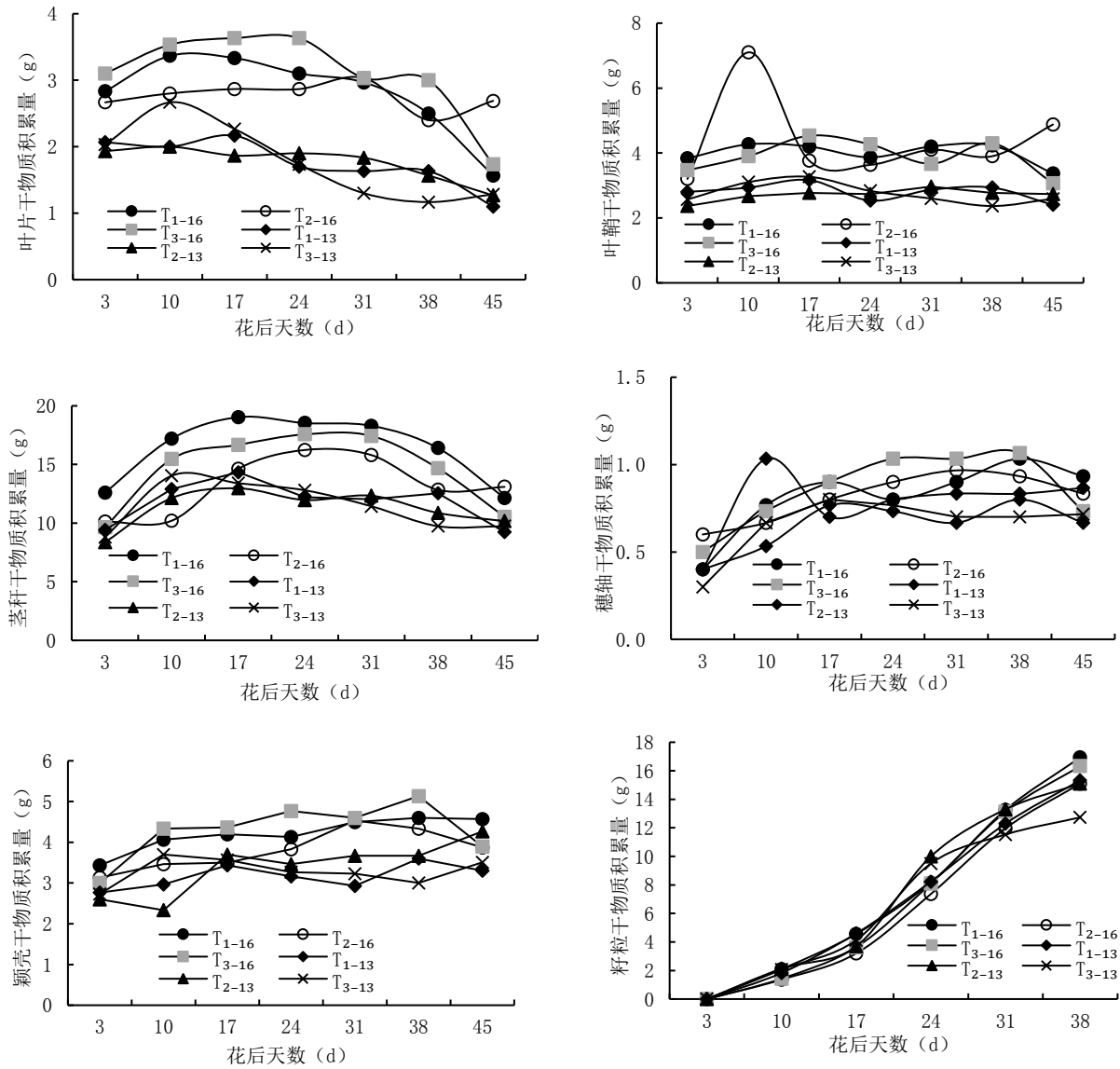


图1 不同栽培模式下冬小麦花后各营养器官干物质积累动态

就不同栽培方式而言,花后叶片中干物质积累量变化动态相同,大致呈“单峰”曲线,但是峰值出现时间不同。 T_{1-16} 峰值出现在花后10 d; T_{2-16} 峰值出现在花后30 d,叶片干物质积累变化趋势平缓; T_{3-16} 峰值出现在花后25 d。

峰值时干物质积累量表现为: $T_{3-16} > T_{1-16} > T_{2-16}$ 。 T_{2-13} 和 T_{3-13} 在花后10 d叶片干物质积累量达到峰值, T_{1-13} 在花后17 d达到峰值,峰值时 $T_{3-13} > T_{1-13} > T_{2-13}$ 。叶鞘干物质变化呈“波浪”式曲线,趋势平缓,无明显差异。茎秆干物质变化均呈“单峰”曲线, T_{1-16} 、 T_{3-16} 和 T_{2-16} 茎秆干物质在花后3~24 d基本呈上升趋势,24 d后开始下降。 T_{1-13} 、 T_{3-13} 和 T_{2-13} 在花后3~15 d呈上升趋势,15 d后开始下降。说明宁冬13号茎秆干物质积累所用时间较宁冬16号短。茎秆干物质积累达到最大值时的积累量表现为: $T_{1-16} > T_{3-16} > T_{2-16} > T_{1-13} > T_{3-13} > T_{2-13}$ 。穗轴中干物质

积累变化差异较大, T_{1-16} 和 T_{1-13} 穗轴中干物质变化呈“双峰”曲线,在花后18 d和38 d出现峰值,其他处理呈“单峰”曲线,但峰值时间不同, T_2 穗轴干物质峰值出现在花后31 d,之后缓慢下降, T_3 穗轴干物质峰值出现在花后38 d,之后缓慢下降。颖壳干物质变化较小,趋势平缓,呈现波浪式变化,总体呈现逐步上升趋势。不同处理籽粒干物质变化趋势基本相同,均呈“S”形曲线,各处理都在花后15 d进入快速增长阶段。但从品种来看,宁冬13号3种栽培方式籽粒在花后15~25 d增长速度较宁冬16号更快,而宁冬16号在花后15~35 d基本保持线性速度,这说明宁冬13号花后15~25 d是一个灌浆关键期,也是粒重形成的关键阶段,这也是宁冬13号表现早熟的生理因素。各处理峰值时干物质积累表现为: $T_{1-16} > T_{3-16} > T_{1-13} > T_{2-16} > T_{2-13} > T_{3-13}$ 。

小麦籽粒重量增加过程的“S”形曲线,用

Richards 生长方程进行模拟,其拟合效果最好,不同覆膜方式的干物质拟合方程相关系数均在 0.990 0 以上, F 检验均达到极显著水平(表 2);不

同品种间表现基本一致。这说明用一元非线性回归模型(Richards 生长方程)可以很好地描述小麦籽粒干物质积累的过程。

表 2 籽粒干物质增加过程的拟合方程

处理	籽粒干物质积累拟合方程	R^2	F
T_{1-16}	$Y=16.665356/[(1+11474.754604EXP(-0.308262X))]^{(1/2.935095)}$	0.992 4	130.23**
T_{2-16}	$Y=14.504457/[(1+6537.981875EXP(-0.308240X))]^{(1/2.328309)}$	0.992 7	135.59**
T_{3-16}	$Y=16.294901/[(1+1321.450829EXP(-0.258747X))]^{(1/1.844732)}$	0.996 7	300.07**
T_{1-13}	$Y=14.854653/[(1+436.402367EXP(-0.230830X))]^{(1/1.771832)}$	0.989 2	91.81**
T_{2-13}	$Y=16.426349/[(1+33.690952EXP(-0.171019X))]^{(1/0.796202)}$	0.993 4	150.06**
T_{3-13}	$Y=16.128349/[(1-0.297769EXP(-0.089187X))]^{(1/-0.057089)}$	0.987 9	81.87**

注:“*”表示显著相关,“**”表示极显著相关,下同

2.2 不同栽培方式下各器官花后干物质分配特点

从表 3 可以看出,不同播种方式小麦各营养器官中干物质积累量和分配率在成熟期表现为:籽粒>茎秆>颖壳>叶鞘>叶片>穗轴,其中籽粒中干物质质量占植株总量的比例最大,其分配率达到 41.6%~46.0%,不同处理占比排序为: $T_{2-13}>T_{3-13}>T_{1-13}>T_{3-16}>T_{2-16}>T_{1-16}$,但差异不显著。从品种方面

来看,宁冬 13 号籽粒占比高于宁冬 16 号。不同栽培方式下茎秆干物质质量占比为 28.5%~31.4%,具体为: $T_{1-16}>T_{1-13}>T_{2-16}>T_{3-16}>T_{3-13}>T_{2-13}$,与籽粒干物质占比排序基本相反。叶片和穗轴干物质质量占比在不同品种及不同栽培方式间差异不显著。叶鞘和颖壳干物质质量占比在不同栽培方式间差异不显著,但品种间 T_{1-16} 与 T_{1-13} 和 T_{3-13} 差异显著。

表 3 不同栽培方式下各器官花后干物质分配

处理	叶片(g)	占比(%)	叶鞘(g)	占比(%)	茎秆(g)	占比(%)	穗轴(g)	占比(%)	颖壳(g)	占比(%)	籽粒(g)	占比(%)
T_{1-16}	1.57a	4.1	3.37a	8.7	12.13a	31.4	0.93a	2.4	4.57a	11.8	16.07a	41.6
T_{2-16}	1.53a	4.8	2.80ab	8.7	9.60a	29.9	0.77a	2.4	3.60ab	11.2	13.83a	43.0
T_{3-16}	1.73a	4.9	3.07ab	8.6	10.53a	29.5	0.73a	2.1	3.90ab	10.9	15.77a	44.1
T_{1-13}	1.10a	3.6	2.40b	7.8	9.23a	30.0	0.93a	2.2	3.30b	10.7	14.03a	45.7
T_{2-13}	1.27a	3.5	2.73ab	7.6	10.17a	28.5	0.87a	2.4	4.27ab	11.9	16.43a	46.0
T_{3-13}	1.28a	3.9	2.59b	7.9	9.73a	29.5	0.72a	2.2	3.51b	10.6	15.15a	45.9
平均值	-	4.1	-	8.2	-	29.8	-	2.3	-	11.2	-	44.4

注:同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$),下同

2.3 不同栽培方式对冬小麦灌浆期籽粒灌浆速率的影响

从图 2 可以看出,不同栽培方式对冬小麦灌浆不同阶段的影响较大。整体来看,灌浆速率呈“单峰”曲线,且呈“慢-快-慢”的变化趋势。在花后 3~15 d,灌浆速率缓慢增加,这可能因籽粒在形成初期各营养器官还处于干物质积累阶段,向籽粒转移量较少所致;花后 15 d 之后开始进入灌浆盛期,此时各营养器官贮藏的干物质快速向籽粒转移,籽粒干物质积累量增长最快;但不同品种略有不同,宁冬 13 号在花后 25 d 之后,籽粒干物质增长趋于缓慢,灌浆速率也在花后 25 d 达到峰值;宁冬 16 号在花后 15~40 d 干物质增长趋势基本呈“S”形曲线,在花后 40 d 达到最大粒重,灌浆

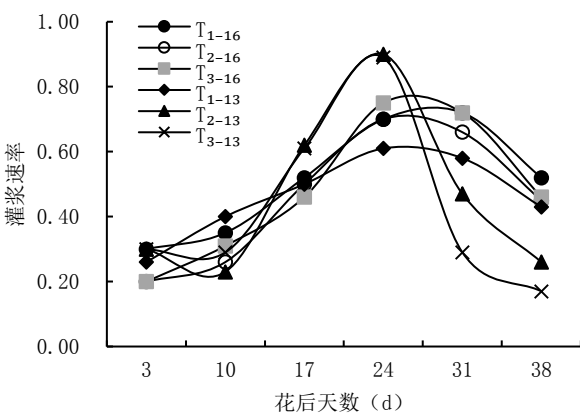


图 2 不同品种及栽培方式灌浆速率变化曲线

速率也在花后 30 d 达到最大值。各处理峰值时速率表现为: $T_{2-13}>T_{3-13}>T_{1-13}$, $T_{1-16}>T_{2-16}>T_{3-16}$;从同一品

种不同栽培方式来看, T_{2-13} 和 T_{3-13} 灌浆速率峰值高于 T_{1-13} , 且在快速增长阶段也明显高于 T_{1-13} 方式灌浆速率, 但是 T_{1-13} 平均灌浆速率较高。 T_{1-16} 、 T_{2-16} 和 T_{3-16} 间灌浆速率变化趋势基本一致, T_{2-16} 和 T_{3-16} 峰值时间较 T_{1-16} 早一周, 且 T_{3-16} 峰值高于 T_{1-16} 和 T_{2-16} , 但是 T_{1-16} 平均灌浆速率高于 T_{2-16} 和 T_{3-16} 。

灌浆速率拟合方程不同, 通过建立籽粒灌浆速率拟合方程可以看出, 宁冬 16 号 3 种栽培方式间籽粒灌浆速率变化符合三次曲线方程(表 4), 不同覆膜方式的灌浆速率拟合方程的相关系数在

0.950 0 以上, F 检验均达显著水平, 这说明用一元非线性回归模型可以很好地描述宁冬 16 号冬小麦籽粒灌浆速率。宁冬 13 号籽粒灌浆速率拟合方程因品种不同而有差异。 T_{1-13} 籽粒灌浆速率符合二次方程, 拟合方程的相关系数为 0.944 7, F 检验达到显著水平, T_{2-13} 和 T_{3-13} 籽粒灌浆速率符合 $Log-modified$ 模型, 拟合方程的相关系数分别为 0.936 4、0.963 4, F 检验分别达到显著和极显著水平。说明所拟合的非线性回归模型可以很好地描述不同栽培方式下籽粒灌浆速率。

表 4 灌浆速率拟合方程表

处理	灌浆速率拟合方程	R^2	F
T_{1-16}	$Y=0.358047-0.025102X+0.002800X^2-0.000053X^3$	0.978 4	30.23*
T_{2-16}	$Y=0.215015-0.016559X+0.003001X^2-0.000063X^3$	0.984 3	41.75*
T_{3-16}	$Y=0.248688-0.024766X+0.003596X^2-0.000074X^3$	0.979 5	31.83*
T_{1-13}	$Y=0.138717+0.035558X-0.000718X^2$	0.944 7	26.61*
T_{2-13}	$Y=(-10.690688+0.494160X)^{-0.611451}$	0.936 4	22.10*
T_{3-13}	$Y=(9.341937-0.438299X)^{-0.766984}$	0.963 4	39.51**

2.4 不同栽培方式对冬小麦产量因子的影响

从农艺性状来看(表 5), 株高 $T_{1-13}>T_{2-13}>T_{3-13}>T_{1-16}>T_{3-16}>T_{2-16}$, 穗长 $T_{2-16}>T_{3-16}>T_{1-16}>T_{2-13}>T_{1-13}>T_{3-13}$, 穗下节长 $T_{1-13}>T_{1-16}>T_{2-13}>T_{3-13}>T_{3-16}>T_{2-16}$, 结实小穗 $T_{1-16}>T_{2-16}>T_{3-16}>T_{3-13}>T_{2-13}>T_{1-13}$, 株粒重 $T_{1-16}>T_{2-16}>T_{1-13}>T_{3-16}>T_{3-13}>T_{2-13}$ 。不同栽培方式对农艺性状的影响不同, T_1 栽培方式提高了株高、穗下节长和株粒重, 但对穗长、结实小穗数的影响因品种不同而有差异。

表 5 不同播种方式下农艺性状

处理	株高 (cm)	穗长 (cm)	穗下节长 (cm)	结实小穗 数(穗)	株粒重 (g)
T_{1-16}	99.1a	7.37a	42.47a	16.77	15.38
T_{2-16}	88.5b	7.98a	37.17a	15.83	15.21
T_{1-13}	102.4a	6.35a	42.83a	12.80	12.51
T_{3-16}	91.0b	7.57a	38.93a	14.73	12.46
T_{3-13}	101.0a	6.23a	41.17a	13.67	12.11
T_{2-13}	101.6a	6.85a	41.67a	13.47	11.35

从产量及产量构成因子来看(表 6), 栽培方式对不同品种产量的影响有差异, 整体来看, 不同处理产量 $T_{1-16}>T_{1-13}>T_{2-13}>T_{3-16}>T_{3-13}>T_{2-16}$, 产量最高的是 T_{1-16} , 为 7.93×10^3 kg/hm², 其次是 T_{1-13} , 为 6.61×10^3 kg/hm²。同一品种不同栽培方式间, $T_{1-16}>T_{3-16}>T_{2-16}$, T_{1-16} 与 T_{3-16} 和 T_{2-16} 差异显著, 但 T_{3-16} 和 T_{2-16} 间差异不显著; $T_{1-13}>T_{2-13}>T_{3-13}$, 三者间差异不显著。不同品种同一栽培方式间差异不显著。从产量三要素来看, 宁冬 16 号 3 种播种方式间, T_{2-16}

穗粒数略高于 T_{1-16} 和 T_{3-16} , 但差异不显著, T_{1-16} 千粒重略高于 T_{2-16} 和 T_{3-16} , 与 T_{3-16} 差异显著, 与 T_{2-16} 差异不显著, T_{1-16} 公顷穗数高于 T_{2-16} 和 T_{3-16} , 但三者间差异不显著。 T_{2-13} 每穗粒数高于 T_{1-13} 和 T_{3-13} , T_{3-13} 与 T_{1-13} 和 T_{2-13} 间差异显著, T_{1-13} 和 T_{2-13} 间差异不显著。 T_{1-13} 千粒重略高于 T_{2-13} 和 T_{3-13} , 但差异不显著。 T_{1-13} 公顷穗数高于 T_{2-13} 和 T_{3-13} , 且差异显著, T_{3-13} 与 T_{2-13} 间差异不显著。由此看来, 覆膜穴播对不同品种冬小麦产量的影响不同, 覆膜主要提高了千粒重和公顷穗数。

表 6 不同播种方式下冬小麦产量

处理	每穗粒数 (粒)	千粒重 (g)	公顷穗数 (穗)	公顷产量 (kg)
T_{1-16}	42.7a	36.95a	8.07×10^6 a	7.93×10^3 a
T_{2-16}	45.2a	33.95ab	7.21×10^6 a	5.30×10^3 b
T_{3-16}	39.1a	31.88b	7.25×10^6 a	5.87×10^3 b
T_{1-13}	32.3a	40.58a	7.82×10^6 a	6.61×10^3 ab
T_{2-13}	33.4a	35.95a	6.59×10^6 b	5.90×10^3 b
T_{3-13}	24.6b	36.20a	6.91×10^6 b	5.43×10^3 b

3 讨 论

干物质是作物产量构成中的骨干成分, 是作物光合产物的最高表现形式^[16]。本研究表明冬小麦各器官的干物质积累与转运受栽培模式和品种遗传因素共同影响, 3 种栽培模式下花后各营养器官干物质积累变化趋势基本一致。不同播种方式小麦各营

养器官中干物质积累量和分配率在成熟期表现为:籽粒>茎秆>颖壳>叶鞘>叶片>穗轴,但不同品种间干物质积累过程差异显著。宁冬16号叶片、茎秆、颖壳、叶鞘、穗轴干物质积累量明显高于宁冬13号,这主要取决于品种遗传特性。宁冬16号属水旱兼用品种,在干旱或多雨情况下均有较强的适应能力,因此在宁南山区这样气候多变的环境下,能够较稳定地积累光合产物。籽粒产量形成主要来自这些营养器官^[17],因此,宁冬16号3种栽培模式下产量均高于宁冬13号有其物质和生理基础。

小麦的产量主要受到生态环境、基因型、栽培措施等综合条件的影响^[18]。品种、播量和水肥是影响产量的主要因素^[19~21]。可以最大程度通过栽培措施进行调控,因此在特定条件下,针对特定基因型小麦,采取匹配的栽培措施能够较大程度发挥品种的优势^[22]。本研究采用覆膜穴播、不覆膜穴播和露地条播3种不同的栽培技术,依据前人的研究结果,覆膜栽培处理的籽粒产量明显高于对照,覆膜栽培对冬春小麦有显著的增产作用,覆膜作为增温保墒的栽培措施^[23],主要是通过群体生长调节大幅增加公顷穗数实现增产,地膜覆盖小麦单位面积穗数的增加,主要是由于地膜覆盖的增温保墒作用有利于出苗、分蘖和提高分蘖成穗率。本研究结果表明,不同的栽培方式对冬小麦不同品种产量的影响不同, T_1 产量较 T_2 和 T_3 高, T_{1-16} 与 T_{3-16} 和 T_{2-16} 差异显著,但 T_{3-16} 和 T_{2-16} 间差异不显著。这可能是由于品种的遗传特性和环境因素双重作用的结果。宁冬13号本是旱地冬小麦,本身耐旱性较强,因此在土壤水分不是严重匮乏的情况下,其自身生理调节功能就可以抵抗部分干旱带来的影响。这种调节功能要较宁冬16号强,宁冬16号自身为水旱兼用品种,因此在水分充足的情况下,水地品种的特性发挥主要作用,而在干旱条件下,旱地品种的特性又可以发挥作用,但具体还需进一步研究证明。

另外从经济效益的角度来看,宁冬16号在覆膜穴播方式下,较不覆膜增产35%~50%,每公顷纯收益可增加750~1500元,这有利于贫困山区农民的脱贫致富,也有利于山区小麦的推广种植。然而,若从环境保护的角度来看,因地膜在自然条件下极难降解,在土壤内可存在200~400年,存留的农用膜破坏土壤的物理和化学结构,可抑制土壤微生物的生长,最终导致作物难以发芽出苗,作物减产,影响农产品的产量和品质^[24]。白色污染对土壤造成的创伤是长期而深刻的,短期的

粮食增产效益无法弥补污染造成的长期伤害,且随着覆膜年限的增加和残膜存留量的增长,覆膜对产量的贡献将逐渐下降^[25]。因此,要解决这种困境,本研究提出以下建议:一是加快新品种的研发,选育抗旱性强,适应性广的新品种,以减少地膜的使用量。二是研发生产能够快速降解,且降解较完全的生物膜。三是研发残膜高效回收机械,鼓励企业加大回收力度。

参考文献:

- [1] 李秧秧. 灌浆持续期干旱对不同产量潜势小麦品种灌浆特性的影响[J]. 西北农业学报, 1997, 6(4): 47-50.
- [2] Zhao Z, Li J X, Zhang C Z. Studies on some characteristics of grain filling of wheat with late-summer and early-autumns owing in Guizhou plateau[J]. Acta Agronomica Sinica, 1998, 24(1): 110-117.
- [3] 冯伟, 李晓, 郭天财, 等. 氮用量对不同穗型小麦品种籽粒灌浆及穗部性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005(4): 22-25.
- [4] 马冬云, 郭天财, 宋晓, 等. 籽粒灌浆特性对小麦磨粉品质的影响及其氮肥调控效应研究[J]. 华北农学报, 2010, 25(4): 226-230.
- [5] 李世清, 邵明安, 李紫燕, 等. 小麦籽粒灌浆特征及影响因素的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003(11): 2030-2038.
- [6] 马新明, 张娟娟, 熊淑萍, 等. 氮肥用量对不同品质类型小麦品种籽粒灌浆特征和产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(6): 80-85.
- [7] 车永和, 杨燕萍, 刘丽红, 等. 黑小麦籽粒灌浆动态变化研究[J]. 河南农业科学, 2008(11): 33-36.
- [8] Darroch B A, Baker R J. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis[J]. Crop Science, 1990, 30(3): 525-529.
- [9] 丁位华, 冯素伟, 王丹, 等. 不同穗型小麦籽粒灌浆、干物质积累与转运特性及其与产量的关系[J]. 河南农业科学, 2018, 47(6): 13-17.
- [10] 王立国, 许民安, 鲁晓芳, 等. 冬小麦子粒灌浆参数与千粒重相关性研究[J]. 河北农业大学学报, 2003(3): 30-32.
- [11] 郭艳艳, 段巍巍. 不同冬小麦品种籽粒胚乳增殖和灌浆对粒重的影响[J]. 麦类作物学报, 2018, 38(1): 84-89.
- [12] 朱灿灿, 张宝娜, 王翔, 等. 河南省不同年代小麦品种籽粒灌浆特性分析[J]. 河南农业科学, 2014, 43(4): 32-35, 39.
- [13] 韩占江, 郜庆炉, 吴玉娥, 等. 小麦籽粒灌浆参数变异及与粒重的相关性分析[J]. 种子, 2008(6): 27-30.
- [14] 彭慧儒, 肖龙. 2个小麦品种籽粒灌浆性状的分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(3): 51-54.
- [15] 周竹青, 朱旭彤, 王维金. 用Richards方程模拟三个典型小麦品种的灌浆过程[J]. 湖北农业科学, 2001(6): 26-28.
- [16] 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.
- [17] 郝代成, 高国华, 朱云集, 等. 施氮量对超高产冬小麦花后光合特性及产量的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(2): 346-352.

(下转第19页)

- [6] YANG Shihong, PENG Shizhang, XU Junzeng, et al. Effects of water saving irrigation and controlled release nitrogen fertilizer managements on nitrogen losses from paddy fields[J]. Paddy & Water Managment, 2015, 13(1): 71-80.
- [7] 刘 洋, 栗岩峰, 李久生. 东北黑土区膜下滴灌施氮管理对玉米生长和产量的影响[J]. 水利学报, 2014, 45(5): 529-536.
- [8] 窦超银, 孟维忠. 控制灌溉在玉米大垄双行膜下滴灌种植中的应用研究[J]. 吉林农业科学, 2014, 39(1): 16-19.
- [9] 王振华, 杨培岭, 郑旭荣, 等. 新疆现行灌溉制度下膜下滴灌棉田土壤盐分分布变化[J]. 农业机械学报, 2014, 45(8): 149-159.
- [10] 张会梅, 田军仓, 马 波, 等. 膜下滴灌灌溉定额对油葵光合特性和水分生产效率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2016, 35(3): 56-60.
- [11] 谭 华, 郑德波, 邹成林, 等. 水肥一体膜下滴灌对玉米产量与氮肥利用的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(3): 18-23.
- [12] 尚文彬, 张忠学, 郑恩楠, 等. 水氮耦合对膜下滴灌玉米产量和水氮利用的影响[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(1): 49-55.
- [13] Ayars J E, Phene C J, Hutmacher R B, et al. Subsurface drip imiagtion of row crops: a review of 15 years of research at the Wooter Mangament Research Laboratory[J]. Agricultural water Managerment, 1999, 42(1): 1-27.
- [14] 陈光能, 魏心元, 李祥栋, 等. 不同氮肥运筹对苕荻生长及产量形成的影响[J]. 耕作与栽培, 2019(5): 38-42.
- [15] 王 泽, 田义新, 林星辰, 等. 干旱胁迫对苕荻光合特性的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(9): 186-189.
- [16] 石 岩, 张金霞, 董平国, 等. 干旱缺水地区膜下滴灌棉花节水机理及灌溉制度研究[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(2): 78-84.
- [17] Chilundo M, Joel A, Wesstrom I, et al. Response of maize root growth to irrigation and nitrogen management strategies in semi-arid loamy sandy soil[J]. Field crops research, 2017, 200: 143-162.
- [18] Abdalhi M A M, Cheng J, Feng S, et al. Performance of drip irrigation and nitrogen fertilizer in irrigation water saving and nitrogen use efficiency for waxy maize (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) under solar greenhouse[J]. Grassland science, 2016, 62(3): 174-187.
- [19] 高玉山, 孙云云, 才 源, 等. 滴灌条件下大豆高产施肥管理技术研究[J]. 东北农业科学, 2017, 42(1): 16-19.
- [20] 冯亚阳, 史海滨, 李瑞平, 等. 膜下滴灌水氮耦合效应对玉米干物质与产量的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(2): 750-755.
- [21] 吴立峰, 张富仓, 周罕觅, 等. 不同滴灌施肥水平对北疆棉花水分利用率和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2014, 30(20): 137-146.
- [22] 戚迎龙, 史海滨, 王成刚, 等. 滴灌水氮对土壤残留有效氮及玉米产量的影响[J]. 土壤, 2016, 98(5): 278-285.
- [23] 杨 杰. 基于叶片高光谱指数的水稻氮肥及色素含量检测研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [24] 张惠琪, 王宏富, 王彦雯. 氮磷钾配施对谷子农艺性状及光合特性的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(1): 42-49.
- [25] 马国成, 尹 娟, 李文证. 水肥耦合对马铃薯叶绿素和光合速率的影响[J]. 节水灌溉, 2016(6): 35-40.
- [26] 苏贤坤, 张晓海, 廖德智, 等. 水肥互作对烤烟生长发育及氮肥利用率的影响[J]. 贵州农业科学, 2008, 36(6): 91-93.
- (责任编辑: 王 昱)

=====

(上接第 14 页)

- [18] 朱新开, 郭文善, 封超年, 等. 不同类型专用小麦氮素吸收积累差异研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005(2): 148-154.
- [19] 张素瑜, 黄 洁, 杨明达, 等. 氮肥基追比和调亏灌溉对小麦水分利用效率和产量的影响[J]. 作物杂志, 2019(4): 94-99.
- [20] 姜丽娜, 张雅雯, 朱娅林, 等. 不同小麦品种籽粒灌浆特性及产量研究[J]. 华北农学报, 2019, 34(3): 96-101.
- [21] 慈艳华, 边丽梅, 霍剑锋, 等. 不同种植模式对玉米生长发育、产量及经济效益的影响[J]. 吉林农业科学, 2015, 40(2): 7-10.
- [22] 张麦生, 宋小顺, 翟素琴, 等. 新乡市强筋小麦高产优质优化施肥决策的研究[J]. 河南职技师院学报, 2001(4): 5-8.
- [23] 蒋傲男, 闫静琦, 陈宗政, 等. 不同覆膜方式对旱作区春玉米农田土壤水分及产量的影响[J]. 东北农业科学, 2022, 47(3): 26-30, 36.
- [24] 舒 帆. 我国农用地膜利用与回收及其财政支持政策研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2014.
- [25] 董合干. 地膜残留对棉花产量影响的极限研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2013.
- (责任编辑: 刘洪霞)