

金诺丰叶面肥对旱地冬小麦陕农 981 旗叶光合和灌浆特性及产量的影响

朱娟娟, 张保军*, 王成社
(西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以冬小麦陕农 981 为材料, 采用单因素随机区组设计, 研究了不同时期喷施叶面肥金诺丰对陕农 981 灌浆期旗叶光合特性、籽粒灌浆特性和产量的影响。结果表明: 金诺丰能够提高小麦灌浆期旗叶的光合速率和籽粒灌浆速率, 分别较对照提高 14.5% 和 10.7%; 增加籽粒干物质的积累量, 较对照增加 2.6%; 产量构成三要素都有不同程度提高, 成穗数、穗粒数、千粒重分别平均提高 8.0%、7.5% 和 2.6%。不同时期喷施对产量的影响大小依次是拔节期>开花期>灌浆期>分蘖期>返青期。

关键词: 叶面肥; 冬小麦; 光合特性; 灌浆特性; 产量

中图分类号: S512.1¹ **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2007)02-0050-04

叶面施肥是迅速补充植物营养、提高肥料利用率的重要生产措施之一^[1], 20 世纪 80 年代中期, 叶面肥已被大量应用于各种作物生产中^[2]。它能快速满足作物对养分的需求, 促进体内养分代谢平稳, 增强作物抗逆性, 提高产量, 改善品质, 并且可减少土壤对养分的固定损失, 是一条增收节支的有效途径^[3]。近年来叶面肥的种类越来越多, 但其效果差异很大, 还有待进一步研究证实, 而且同一叶面肥在不同地区用于不同作物上的效果也有所不同。金诺丰是一种新型的叶面肥, 为了探明其在旱地冬小麦上的应用效果, 通过比较不同时期喷施金诺丰对旱地冬小麦陕农 981 灌浆期旗叶光合特性、籽粒灌浆特性及产量的影响, 以期在金诺丰在冬小麦上的应用推广提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试小麦品种为陕农 981, 由西北农林科技大学农学院小麦中心提供。

叶面肥为金诺丰, 由杨凌绿都生物有限公司提供。

1.2 试验地条件

试验于 2005~2006 年度在西北农林科技大学农作一站旱作试验田进行, 试验田前茬休闲, 土质为中壤。施肥前土壤耕层有机质含量 13.98 g/kg, 全氮量为 0.87 g/kg, 全钾量为 11.29 g/kg, 全磷量为

0.59 g/kg, 速效氮为 18.00 mg/kg, 速效磷为 15.85 mg/kg, 速效钾为 191.90 mg/kg, pH 值 8.0。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计, 共 6 个处理, 分别为对照、分蘖期喷施、返青期喷施、拔节期喷施、开花期喷施、灌浆期喷施, 除对照以等量清水喷施外, 其余各处理均喷施 650 倍液 675 kg/hm² 叶面肥金诺丰, 重复 3 次。每小区长 4 m, 宽 2.5 m, 面积为 10 m²。基本苗 225 万/hm², 施尿素 300 kg/hm²、磷酸二铵 375 kg/hm²、饼肥 375 kg/hm², 除处理因素外其它管理措施同大田。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 旗叶光合性能 在灌浆期测定单茎旗叶光合特性, 利用美国生产的 LI-6400 便携式红外线 CO₂ 光合作用测定仪在田间活体直接测定, 重复 3 次。测定的参数有净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (T_r)、气孔导度 (C_o)、细胞内 CO₂ 浓度 (C_i)、外界 CO₂ 浓度 (C_a), 利用以上参数计算出水分利用率 (WUE)、叶片光合气孔限制值 (L_s)^[4~7]。计算公式为:

$$WUE = P_n / T_r$$

$$L_s = 1 - C_i / C_a$$

1.4.2 籽粒灌浆特性 开花期选择花期相同的茎进行足量标记, 于花后每 5 d 取样 1 次, 每小区取 15 株带回实验室迅速剥离出叶、茎、茎鞘、穗、籽粒 (穗中部籽粒 10 粒), 在 105℃ 条件下杀青 30 min, 然后

收稿日期: 2006-08-29
基金项目: 国家 863 计划项目“西北半湿润渠灌区节水农业综合技术体系集成与示范”(2002AA2Z4211)
作者简介: 朱娟娟(1981—), 女, 宁夏隆德人, 硕士, 研究方向为作物高效栽培。
* 通信作者: 张保军(1960—), 男, 陕西户县人, 教授, 硕士生导师, 主要从事作物栽培学研究。E-mail: zhbjun2566@163.com。

置于 80℃ 恒温下烘干至恒重,放入干燥器中置至常温,称重。然后用三次正交多项式(Cubic)方程拟合花后籽粒(1 000 粒)干重变化规律,Cubic 方程的表达式为^[4]:

$$y=a+bx^1+cx^2+dx^3$$

式中, x 代表花后天数;开花日计 x 为零; y 表示花后籽粒干重;由方程的一阶导数和二阶导数推出相关灌浆参数,最大灌浆速率 $V_{\max}$ 及其出现时间 $T_{v \cdot \max}$ 。

$$V_{\max}=(3bd-c^2)/3d$$
$$T_{v \cdot \max}=-c/3d$$

1.4.3 考种与测产 各小区中间取均匀一致 1 m² 进行人工常规考种。测定冬小麦的穗粒数、千粒重、有效小穗数、无效小穗数以及实际产量。

1.4.4 试验数据处理与分析 采用 SPSS12.0 (Statistical Package for the Social Science 12.0)统计

分析系统进行数据处理、分析和作图^[4]。

2 结果与分析

2.1 不同处理对旗叶光合特性的影响

从表 1 可知,金诺丰对陕农 981 灌浆期旗叶净光合速率具有提高的效果,增幅大小依次为拔节期>分蘖期>开花期>返青期>灌浆期。由此可见,在拔节期和分蘖期喷施金诺丰提高灌浆期旗叶净光合速率幅度较大,分别比对照高 22.0%和 14.8%,而且差异显著;其次为在开花期喷施,比对照高 14.2%,差异显著;在返青期和灌浆期喷施对旗叶净光合速率影响幅度较小,分别提高 11.9%和 9.6%,差异不显著。灌浆期旗叶气孔导度变化程度均不大,处理间差异不显著。由此说明,金诺丰对陕农 981 灌浆期旗叶净光合速率的影响与气孔因素无关,而是由非气孔因素所引起的。

表 1 不同处理对旗叶光合特性的影响

Table 1 The impact of photosynthetic characteristics of flag leaves under different treatments

处理 Treatments	净光合速率 P_n [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	气孔导度 C_o [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	蒸腾速率 T_r [$\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]	叶片水分利用效率 WUE [$\mu\text{mol}/\text{mmol}$]	光合气孔限制值 C_i [$\mu\text{mol}/\text{m}^2$]
对照 CK	14.96±1.10 _a	0.41±0.06 _a	5.61±0.81 _a	3.09±0.52 _a	0.24±0.03 _a
分蘖期 Tillering	17.18±1.03 _b	0.38±0.04 _a	4.73±0.30 _{bc}	3.53±0.24 _b	0.23±0.02 _{ab}
返青期 Returning-green	16.74±1.44 _{ab}	0.38±0.09 _a	4.60±0.64 _c	3.29±0.20 _{ab}	0.21±0.03 _{ab}
拔节期 Jointing	18.25±1.07 _b	0.44±0.10 _a	5.25±0.85 _{ab}	3.21±0.25 _{ab}	0.20±0.02 _b
开花期 Anthesis	17.08±1.50 _b	0.40±0.04 _a	4.96±0.36 _{bc}	3.29±0.50 _{ab}	0.21±0.03 _{ab}
灌浆期 Milking	16.41±1.62 _{ab}	0.39±0.07 _a	4.97±0.52 _{bc}	3.27±0.28 _{ab}	0.22±0.03 _{ab}

注:各列中不同字母表示在 5%水平上差异显著。
Note: Different letter within the column stands for significant difference ($P<0.05$).

蒸腾作用在植物生命活动中具有十分重要的生理意义,而蒸腾速率是衡量蒸腾作用的定量指标之一^[8]。喷施金诺丰后,旗叶的蒸腾速率均有所降低,降低幅度从大到小依次为返青期喷施>分蘖期喷施>开花期喷施>灌浆期喷施>拔节期喷施,分别比对照降低 18.0%、15.7%、11.6%、11.4%和 6.4%。旗叶水分利用效率均有不同程度的提高,其中在分蘖期喷施提高幅度最大。说明蒸腾速率下降,减少了水分的消耗,提高了水分的利用效率,有利于提高冬小麦的保水力,增加了抗旱能力,这在旱地冬小麦生产实践上具有重要的意义。叶片光合气孔限制值均降低,降低幅度由大到小依次为拔节期>返青期和开花期>灌浆期>分蘖期,其中拔节期喷施与对照之间差异显著。

2.2 不同处理对籽粒灌浆特性的影响

灌浆初期,籽粒干重增长较为缓慢;花后 10~

15 d 后,进入籽粒干重的快速增长阶段;到灌浆后期(花后 30 d 后)粒重增长又趋于缓慢。从开花到籽粒成熟,籽粒干重的变化大致呈现出“S”曲线变化。灌浆初期,各处理与对照之间差异不大,基本一致;而随灌浆时间的推进,粒重干重迅速地增加,此时喷施叶面肥的小麦籽粒干物质积累比对照快。由此可见,喷施叶面肥有助于籽粒干物质的积累。

对各处理冬小麦籽粒干重进行非线性拟合回归分析。分别用 Linear 方程、Quadratic 方程、Cubic 方程、Logistic 曲线和 Growth 曲线拟合,根据拟合后的 r 值来选取最优曲线方程。拟合结果表明,利用三次正交多项式(Cubic 模型)能较好地拟合各处理的冬小麦籽粒干重的动态变化过程,其 r 值均达到了 0.985 以上。各处理冬小麦的拟合方程见表 2,籽粒灌浆曲线特征值见表 3。

表 2 籽粒干重动态变化的三次正交多项式

Table 2 Cubic of dynamic changes of dry weight of grains

处理 Treatments	三次正交多项式方程 Cubic	标准误差 Std. E	相关系数 r
对照 CK	$y=1.151+0.0395x+0.0528x^2-0.0008x^3$	2.034	0.992
分蘖期 Tillering	$y=1.444-0.2398x+0.090x^2-0.0015x^3$	2.576	0.990
返青期 Returning-green	$y=1.187+0.0755x+0.0504x^2-0.0008x^3$	2.185	0.992
拔节期 Jointing	$y=1.427-0.0217x+0.0540x^2-0.0010x^3$	3.138	0.986
开花期 Anthesis	$y=1.323+0.0096x+0.0513x^2-0.0009x^3$	2.554	0.990
灌浆期 Milk stage	$y=1.574-0.3137x+0.0741x^2-0.0013x^3$	2.974	0.987

注: x 为开花后天数。 Note: x refers to days after flower.

表 3 籽粒干重动态变化的方程特征值

Table 3 The characteristic of dynamic changes of dry weight of grain

处理 Treatment	GR (g/d)	$V_{\max}$ (g/d)	$T_{v\max}$ (d)	W_d (g)
对照 CK	1.05	1.85	22	47.35
分蘖期 Tillering	1.14	1.94	20	48.11
返青期 Returning-green	1.11	1.96	21	47.82
拔节期 Jointing	1.19	2.03	18	48.92
开花期 Anthesis	1.20	2.10	19	49.51
灌浆期 Milk stage	1.17	2.10	19	48.56

注: GR:平均灌浆速率=1 000 粒成熟籽粒干重/开花至收获期的天数; $V_{\max}$:最大灌浆速率; $T_{v\max}$:达到最大灌浆速率时的天数; W_d :1 000 粒籽粒的最大干重。

Note: GR: average grouting rate = 1000 grain rat weight/the grouting days; $V_{\max}$: The Max. grain wight; $T_{v\max}$: The days of uping to the peak grouting rate; W_d : The 1000 grain Max. weight.

表 3 表明,喷施金诺丰后,籽粒的平均灌浆速率均有所提高,最大的是在开花期喷施(1.20 g/d),比对照提高 14.3%,最小的为在返青期喷施(1.11 g/d),比对照提高 4.8%;最高灌浆速率也均有所提高,最大的是在拔节期喷施和灌浆期喷施,均为2.10 g/d,比对照提高 13.5%,则说明在开花期和灌浆期喷施叶面肥有利于籽粒最大灌浆速率的提高;而达到最大灌浆速率的天数均有所提前,在分蘖期、返青期、拔节期、开花期和灌浆期喷施金诺丰,其分别提前 2、1、4、3 d 和 3 d;最大千粒重也均增加,在开花

期喷施其增幅最大,为 49.51 g;最小的是在返青期喷施,为 47.82 g。可见,喷施金诺丰能够增加籽粒的平均灌浆速率和最大灌浆速率,提前达到最大灌浆速率的时间,有利于籽粒干重的增加,从而达到高产的目的。

2.3 不同处理对冬小麦产量及其构成因素的影响

叶面喷施金诺丰对冬小麦产量构成因素的影响(表 4)表明,其对冬小麦成穗数、穗粒数、千粒重均有所提高,但不同时期喷施增幅有所不同。在分蘖期、返青期和拔节期喷施金诺丰,成穗数较对照分别增加 6.8%、2.7%和 14.7%;而在开花期和灌浆期喷施,对小麦的成穗数没有影响,是由于其在抽穗期已定。从粒数变化看,在分蘖期、返青期、拔节期、开花期和灌浆期喷施金诺丰,分别比 CK 增加 4.0%、2.0%、21.1%、7.7%和 2.4%。由此可看,在拔节期喷施金诺丰,成穗数和穗粒数增幅最大。从千粒重变化看,在开花期喷施其增加幅度最大,为 49.1 g,较对照增加 2.1 g;其次为在拔节期和灌浆期喷施,千粒重分别是 48.8 g 和 48.1 g,较对照分别提高了 1.9 g 和 1.2 g;分蘖期和返青期喷施,千粒重较小,分别为 47.7 g 和 47.0 g,较对照仅增加 0.8 g 和 0.1 g,则说明开花期喷施金诺丰,增加粒重效应优于其它时期喷施。

金诺丰对小麦产量影响各处理表现不同(表 4)。其效果最好的为在拔节期喷施,产量为 6 774.0

表 4 不同处理对冬小麦产量及其构成因素的影响

Table 4 The yield and its structure factors of winter wheat under different treatments

处理 Treatments	成穗数 Number of spike (10^4 kernel/hm ²)	穗粒数 Grains of spike (粒)	千粒重 1 000-grain weight (g)	产量 Yield (kg/hm ²)	增产 Increased yield (%)
对照 CK	566.12	24.7	46.9	6130.7b	—
分蘖期 Tillering	604.38	25.7	47.7	6253.8ab	2.0
返青期 Returning-green	581.19	25.2	47.0	6243.3ab	1.8
拔节期 Jointing	649.31	29.9	48.8	6774.0a	10.5
开花期 Anthesis	566.12	26.6	49.1	6576.1ab	7.3
灌浆期 Milking	566.12	25.3	48.1	6304.7ab	2.8

注:各列中不同字母表示在 5%水平上差异显著。 Note: Different letter within the column stands for significant difference ($P<0.05$)。

kg/hm^2 , 较对照增幅 10.5%; 较差的是在返青期喷施, 为 $6\,243.3\text{ kg}/\text{hm}^2$, 增加 1.8%。各喷施处理产量由高到低依次为拔节期>开花期>灌浆期>分蘖期>返青期, 经多重比较 ($p<0.05$), 拔节期喷施与对照之间差异达到显著。因此, 金诺丰能够提高小麦的产量, 最佳喷施期为拔节期。

3 讨论

小麦冠层光合能力对籽粒产量的形成起决定作用, 旗叶是后期冠层的主要构成者, 其对籽粒的贡献可达到 41%~43%, 旗叶的光合性能变化基本上代表了冠层光合的趋势^[9]。小麦生育后期, 延缓旗叶衰老进程, 延长旗叶功能期, 有利于旗叶净光合速率的保持或提高, 可为籽粒的形成和充实提供物质基础^[9]。本试验研究表明, 在旱作生产条件下, 金诺丰能够显著提高冬小麦灌浆期旗叶的净光合速率, 维持养分平衡, 促进灌浆期光合产物的形成和运输, 起到了开源、增流的作用; 增大籽粒平均灌浆速率和最大灌浆速率, 提前达到最大灌浆速率的时间, 从而使籽粒干物质积累量增加, 最终达到增产的目的, 这与前人研究相一致^[3]。

成穗数、穗粒数、千粒重是决定产量高低的主要因素, 不同叶面肥对其影响程度有所不同。前人研究表明植物动力 2003、万得福、抗旱宝对穗粒数和千粒重影响较大; 而活力素和旱地龙主要提高小麦的分蘖能力, 增加有效穗数, 但对穗粒数和千粒重作用不大^[10]。本研究表明金诺丰对冬小麦成穗数、穗粒数和千粒重均有所影响, 因而增大了籽粒的容纳量, 有效地促进有机物向穗部的运转, 最终达到产量增加的效果。不同时期喷施金诺丰的效果不一, 其中产量增

加最大的是在拔节期喷施, 产量达到了 $6\,774.0\text{ kg}/\text{hm}^2$, 较对照增加 $643.3\text{ kg}/\text{hm}^2$, 增幅 10.5%, 达到显著差异; 其次是在开花期喷施, 产量为 $6\,576.1\text{ kg}/\text{hm}^2$, 增加 $445.4\text{ kg}/\text{hm}^2$, 增幅 7.3%。因此, 从总体效果来看, 在拔节期和开花期喷施效果较好, 这与前人研究叶面施肥的最佳喷施时期为中后期相符合^[11]。但本试验中金诺丰采用叶面喷施, 浓度为常规量即稀释 650 倍液喷施 $675\text{ kg}/\text{hm}^2$, 而最佳施用方法和喷施浓度还待进一步研究。总之, 喷施叶面肥金诺丰对提高旱地冬小麦产量具有一定的效果, 但必须和其他措施结合, 才能达到更理想的效果。

参考文献:

- [1] 陶宁丽. 叶面肥质量状况与发展建议[J]. 湖北农业科学, 2000, (4): 37—39.
- [2] 于广武. 叶面肥及其发展趋势[J]. 中国农资, 2006, (2): 60—62.
- [3] 党建友, 姬虎太, 杨 峰, 等. 冬小麦喷施叶面肥增产效应分析[J]. 小麦研究, 2000, 21(1): 17—18.
- [4] 樊虎玲. 不同地域小麦品种性状表现特性研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2004.
- [5] 黄 玲, 张正斌. 小麦叶片蜡质含量与水分利用效率的影响[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(3): 41—44.
- [6] 上官周平, 周 维. 栽培条件对冬小麦叶片水分利用效率的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3): 231—236.
- [7] 董树亭. 高产冬小麦群体光合能力于产量关系的研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6): 140—141.
- [8] 张继澍. 植物生理学[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1999. 45—46.
- [9] 张玲丽, 王 辉, 孙道杰, 等. 不同类型高产小麦品种的光合特性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2005, 33(3): 53—56.
- [10] 郭四拜, 冯万银, 宋雨平, 等. 不同叶面肥对地膜小麦经济性状及产量的影响[J]. 甘肃农业科技, 1998, (6): 33—35.
- [11] 方喜和, 周春梅, 李红艳, 等. 浅谈叶面施肥在作物上的应用[J]. 土壤肥料, 2005, (6): 24—25.

Effect of Jin Nuofeng on the flag leaf physiological characters and yield of winter wheat Shaannong 981 on upland

ZHU Juan-juan, ZHANG Bao-jun^{*}, WANG Cheng-she

(College of Agronomy, Northwestern A & F University, Yang ling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on randomized block design for single factor, the effect of Jin Nuofeng on flag leaf photosynthesis characters, grain grouting characters and yield of the winter wheat Shaannong 981 was studied. The result showed that spraying Jin Nuofeng on winter wheat in different stages increased the flag leaf photosynthesis rate and grain grouting rate by 14.5%, 10.7%, respectively, and enhanced dry matter accumulation in grain by 2.6%, compared with CK; Spike number, grain number of Spike, and 1 000 grain weight were also increased, but the yield increasing effect of spraying in different stage was different. The best spraying period was in jointing stage, the next was in the anthesis stage, their yield amounted to $6\,774.0\text{ kg}/\text{hm}^2$ and $6\,576.1\text{ kg}/\text{hm}^2$ respectively, which were 10.49% and 7.3% more than that of CK, respectively.

Keywords: Jin Nuofeng; winter wheat; photosynthesis characters; grain grouting characters; yield