

灌水量和喷抗旱剂对小麦生长发育·光合及水分利用率的影响

康子领, 张向前, 刘利平 (安徽省农业技术推广总站, 安徽合肥 230001)

摘要 为给小麦节水抗旱栽培提供理论依据, 研究了不同灌水量 20 mm(W1 处理)、30 mm(W2 处理)、40 mm(W3 处理)、50 mm(W4 处理) 和化控措施喷施清水(CK) 和喷施抗旱剂(H 处理) 对小麦生长发育、光合、水分利用率和产量的影响。结果表明, 适当增加灌水量有利于提高小麦叶面积指数和群体干物重(W4 和 W3 处理最高), 但当灌水量增加到一定程度灌水的效果不再明显, 且相同灌水量下, H 叶面积指数和群体干物重表现优于 CK。W3 处理的光合速率略高于 W4 处理, 喷洒抗旱剂 H 处理的光合速率和气孔导度高于 CK, 而蒸腾速率和胞间 CO₂ 浓度皆低于 CK 处理。小麦叶片水分瞬时利用率和群体水分利用率随灌水量的增加呈先增加后下降的趋势, 并以 W3 处理最高, W1 处理最低, 相同灌水量下 H 处理叶片瞬时水分利用率和群体水分利用率高于 CK。CK 和 H 处理下 W3 和 W4 处理的产量最高(二者差异不显著), 且显著高于 W1 处理, 相同灌水量下, H 处理的小麦产量皆高于 CK, 增产幅度可达 1.9%~2.3%。综合认为, 全生育期灌一水下 W3 处理是较为节水高效的灌水模式, 小麦合理喷施抗旱剂增产可高达 2.3% 左右。

关键词 根系; 叶面积指数; 光合速率; 水分利用率

中图分类号 S512.1 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)15-0025-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.15.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Irrigation and Spraying Drought Resistant Agent on Growth, Photosynthesis and Water Use Efficiency of Wheat

KANG Zi-ling, ZHANG Xiang-qian, LIU Li-ping (Anhui Agricultural Technology Extension General Station, Hefei, Anhui 230001)

Abstract In order to provide a theoretical basis for wheat cultivation with water-saving and drought resistance, an experiment with four irrigation amount 20 mm(W1), 30 mm(W2), 40 mm(W3), 50 mm(W4) and two chemical control measures spraying water (CK) and spray drought-resistant agent was carried out to study the effects of irrigation and chemical control on growth, photosynthesis and water use efficiency and yield of wheat. The results showed that appropriate to increase irrigation amount could help to enhance leaf area index and population dry matter weight (W4 and W3 had the highest values), but when the irrigation amount increased to a certain extent the effect of irrigation was no longer obvious, and under the same irrigation amount, the leaf area index and population dry matter weight of H were better than that of CK. Photosynthetic rate of W3 was higher than that of W4, the H treatment had higher photosynthetic rate and stomatal conductance than that of CK, while the transpiration rate and intercellular CO₂ concentration were lower than that of CK. Wheat leaf instantaneous water use efficiency and population water use efficiency had a change trend of first increased and then decreased with the increasing of water irrigation amount, and the values of W3 was the highest, of W1 was the lowest, under the same irrigation amount, H had higher leaf instantaneous water use efficiency and population water use efficiency than that of CK. Under CK and H treatments, W3 and W4 had the highest values of yields (there was no significant difference between two treatments), and significant higher than that of W1, under the same irrigation amount, the yield of H was higher than that of CK, and the range of increasing in yield up to 1.9%~2.3%. All the findings demonstrated that the treatment of W3 is an more efficient water-saving irrigation mode if the whole stage only irrigation one time, reasonably to spray drought-resistant agent can increasing yield of wheat up to about 2.3%.

Key words Root; Leaf area index; Photosynthetic rate; Water use efficiency

作物生长季干旱是一个世界性问题,也是当前制约我国北方旱作农业可持续发展的重大障碍之一^[1-2]。小麦是我国北方主要粮食作物之一,其用水约占我国北方农业用水的 70%^[3],如何合理灌溉确保小麦高产稳产对保障我国粮食安全具有重要的作用。小麦全生育期的平均需水量在 300 mm 以上,降水满足率为 55.9%~86.4%,通常需要进行人工补灌 1~2 次以保证小麦全生育期需水量,达到丰产丰收的目的。众多研究表明^[4-6],随着土壤水分的减少小麦抗旱性增强,合理的水分亏缺和干旱胁迫有利于提高小麦的抗逆性和水分利用效率,因此在水资源紧缺的大环境下,很有必要进一步深入研究灌水和干旱对小麦生长发育、生理特性及产量等性状指标的影响。基于小麦水分利用效率不仅受灌水量和灌水时期的影响,同时也受一些对植物生理功能具有调节作用抗旱化学制剂的影响。鉴于此,笔者在干旱(无外来降雨)条件下研究了同一生育期不同灌水量和喷洒抗旱剂对小麦叶

面积指数、群体干物重、水分利用率、光合及产量的影响,以期阐明灌水和喷洒抗旱剂的耦合效应对小麦产量形成关键决定因素的影响,进而为我国小麦节水栽培提供科学依据和理论帮助。

1 材料与方法

1.1 试验设计 试验于 2020 年在安徽省蒙城县农业科技示范场可推拉玻璃大棚内进行,该试验为 2 因素随机区组试验,2 因素分别为防旱化控措施和灌水量,2 种化控措施分别为拔节期喷洒抗旱剂(H 处理)和喷洒清水(CK),4 种灌水量分别为返青期灌水 20 mm(W1 处理)、30 mm(W2 处理)、40 mm(W3 处理)、50 mm(W4 处理)。试验每处理重复 3 次,共 24 个小区,小区面积为 2.0 m×1.5 m = 3.0 m²,种植小麦品种为济麦 22,基本苗 240 万/hm²,行距 20 cm,每小区 10 行,播种后浇底墒水 30 mm,出苗后开始控水。于 10 月 13 日播种,基施纯氮 150 kg/hm²,P₂O₅ 120 kg/hm²,K₂O 120 kg/hm²,其他田间管理措施按当地大田生产习惯进行。

1.2 样品采集与测定 叶面积指数:每小区选择 10 株小麦,用直尺测量小麦植株叶片的长度和最宽处,用长和宽的乘积再乘以 0.83(折算系数)确定单叶叶面积,叶面积指数=

基金项目 粮食丰产科技工程项目“安徽省粮食多元化绿色丰产增效技术模式化示范与应用”(2018YFD0300906)。

作者简介 康子领(1968—),男,安徽亳州人,高级农艺师,从事作物栽培理论应用与农业技术推广研究。

收稿日期 2022-03-23

叶片总面积/土地面积。

干物重:分别于小麦拔节期、孕穗期、开花期和成熟期取样(20株/小区)测定干物重,将样品在105℃下杀青20min,85℃烘干至恒重,称取干物重。

光合特性:于小麦开花期,选择晴朗无云天气运用Li-6400便携式光合测定仪在09:30—11:30测定小麦旗叶同部位的光合速率、气孔导度、蒸腾速率和胞间CO₂浓度。

叶片瞬时水分利用率为叶片光合速率与蒸腾速率的比值,测定叶片为小麦旗叶,测定时期为抽穗期、开花期和灌浆中期。

群体水分利用率(WUE): $WUE=Y/ET$,WUE为水分利用率;Y为籽粒产量;ET作物生育期内的耗水量。 $ET=(GSP+IRR)+SWS-SWH$,GSP为生长季降水量(该试验无外来降雨);IRR为灌溉水量;SWS为播种前土壤含水量;SWH为收获后土壤含水量。

产量及其构成:分小区收割晒干后折算成大田量,并计算出产量构成三要素的数值。

1.3 统计分析 采用Microsoft Excel 2019软件对数据进行处理和作图;采用DPS 7.05软件和最小显著差数法(LSD)进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 灌水和化控处理对叶面积指数的影响 由表1可知,随着生育时期的推进,小麦叶面积指数呈先增加后下降的趋势,并在开花期达到最大值。随着灌水量的增加,不同生育期的小麦叶面积指数皆呈逐渐增加的趋势,并以W4处理的最高,W1处理的最低。W3、W4的叶面积指数显著高于W1处理,在CK和H处理下,W4处理的拔节期、孕穗期、开花期和灌浆中期的叶面积指数分别比W1处理显著增加了15.8%、10.5%、11.2%、14.0%和15.7%、7.8%、8.9%、9.7%。相同灌水量下,H处理的叶面积指数总体表现高于对照CK,其中同一生育期同一灌水量下某些处理间的叶面积指数差异达到显著水平。在W1和W4处理灌水量下,H处理比CK的叶面积指数在拔节期、孕穗期、开花期和灌浆中期分别增

加了0.7%、5.4%、3.6%、8.1%和0.6%、2.9%、1.4%、4.0%。此外,从表1也可以看出,W3与W4处理各生育期的叶面积指数差异均不显著,表明当灌水量增加到一定程度时,灌水增加叶面积的效果不再显著。

表1 灌水和化控处理对小麦不同生育期叶面积指数的影响
Table 1 Effects of irrigation and chemical control treatments on leaf area index of wheat at different growth stages

化控处理 Chemical control treatment	灌水量处理 Irrigation treatment	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	开花期 Flowering stage	灌浆中期 Middle of filling stage
CK	W1	2.79 d	5.35 e	5.63 d	2.85 d
	W2	3.03 c	5.60 d	5.95 c	3.01 cd
	W3	3.20 abc	5.83 bed	6.22 ab	3.23 ab
	W4	3.23 ab	5.91 ab	6.26 ab	3.25 ab
H	W1	2.81 d	5.64 cd	5.83 c	3.08 bc
	W2	3.05 bc	5.86 abc	6.12 b	3.22 ab
	W3	3.17 abc	6.05 ab	6.33 a	3.36 a
	W4	3.25 a	6.08 a	6.35 a	3.38 a

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.2 灌水和化控处理对群体干物重的影响 由表2可知,同一化控措施下,随着灌水量的增加,小麦各生育期的群体干物重呈逐渐增加的趋势,并以W4处理的群体干物重最大。W3和W4处理小麦各生育期的群体干物重皆显著高于W1处理,其中CK和H处理下W4处理的群体干物重在拔节期、孕穗期、开花期和成熟期分别比W1处理显著增加了7.4%、5.6%、12.9%、14.1%和5.7%、3.6%、10.5%、13.6%。W3与W4处理间小麦各生育期的群体干物重差异皆不显著,而W3处理各生育期的群体干物重皆高于W1处理,表明当灌水量增加到一定程度后再提高灌水量不会再对小麦群体干物重产生明显影响。相同灌水量下,H处理的小麦群体干物重皆高于同一生育CK处理,其中H处理下W1和W4处理拔节期、孕穗期、开花期和成熟期的群体干物重分别比CK处理下W1和W4处理增加了4.1%、2.2%、7.2%、8.6%和2.5%、0.3%、5.0%、8.1%。

表2 灌水和化控处理对小麦不同生育期群体干物重的影响
Table 2 Effects of irrigation and chemical control treatments on dry matter weight of wheat population at different growth stages

化控处理 Chemical control treatment	灌水量处理 Irrigation treatment	拔节期 Jointing stage	孕穗期 Booting stage	开花期 Flowering stage	成熟期 Maturity stage
CK	W1	4 329.33 f	7 699.70 c	8 900.33 d	13 686.70 e
	W2	4 460.80 e	7 890.93 b	9 550.47 c	14 742.97 d
	W3	4 581.37 cd	8 093.20 a	9 958.30 b	15 433.90 cd
	W4	4 648.83 bc	8 130.73 a	10 051.33 b	15 620.70 c
H	W1	4 506.77 de	7 872.03 b	9 544.37 c	14 865.40 d
	W2	4 625.93 bc	8 009.07 ab	9 967.80 b	15 964.80 bc
	W3	4 724.43 ab	8 121.83 a	10 436.63 a	16 605.60 ab
	W4	4 765.03 a	8 155.33 a	10 550.30 a	16 884.73 a

注:同列不同小写字母表示在0.05水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.3 灌水和化控处理对光合特性的影响 由表3可知,同一化控措施下,随着灌水量的增加,小麦叶片光合速率和气孔导度数值呈先增加后下降的趋势,并以W3处理的最高;蒸腾速率呈逐渐增加的趋势,胞间CO₂浓度呈先降低后上升

的趋势,并以W3处理的最低。在CK和H处理下,W3处理的光合速率、气孔导度和蒸腾速率分别比W1处理显著增加了25.1%、19.8%、11.8%和21.3%、18.6%、8.3%,胞间CO₂浓度分别显著降低了6.7%和6.2%。同一灌水量下,H处理

的光合速率和气孔导度皆高于 CK 处理,而蒸腾速率和胞间 CO₂ 浓度皆低于 CK 处理,其中 W1 和 W4 灌水量处理下 H 处理的光合速率和气孔导度分别比 CK 增加了 10.3%、6.3% 和 7.9%、5.4%,蒸腾速率和胞间 CO₂ 浓度分别降低了 10.5%、3.9% 和 12.8%、3.4%。从表 3 也可以看出,W2 与

W1 处理、W3 与 W2 处理的光合速率差异显著,而 W3 与 W4 处理的光合速率差异不显著,且 W3 处理的光合速率略高于 W4 处理,表明当灌水量增加到一定程度灌水对小麦光合速率的影响不再明显,甚至会导致光合速率的略微下降。

表 3 灌水和化控处理对小麦开花期光合特性的影响

Table 3 Effects of irrigation and chemical control treatment on photosynthetic characteristics of wheat at flowering stage

化控处理 Chemical control treatment	灌水量处理 Irrigation treatment	光合速率 Photosynthetic rate μmol/(m ² ·s)	气孔导度 Stomatal conductance mol/(m ² ·s)	蒸腾速率 Transpiration rate mmol/(m ² ·s)	胞间 CO ₂ 浓度 Intercellular CO ₂ concentration μmol/mol
CK	W1	10.63 e	0.222 f	2.29 b	398.00 a
	W2	11.70 d	0.243 de	2.46 a	381.60 b
	W3	13.30 bc	0.266 abc	2.56 a	371.53 bcd
	W4	12.70 c	0.259 bcd	2.57 a	374.07 bc
H	W1	11.73 d	0.236 ef	2.05 c	382.60 b
	W2	13.17 bc	0.254 cd	2.16 bc	368.20 cd
	W3	14.23 a	0.280 a	2.22 b	358.97 d
	W4	13.70 ab	0.273 ab	2.24 b	361.37 cd

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.4 灌水和化控处理对叶片瞬时水分利用率的影响 由表 4 可知,随着灌水量的增加,小麦叶片水分瞬时利用率呈先增加后下降的趋势,并以 W3 处理的最高,W1 处理的最低。CK 和 H 处理下,W3 处理抽穗期、开花期和灌浆中期的叶片瞬时水分利用率分别比 W1 处理显著增加了 8.7%、10.6%、11.9% 和 10.0%、10.6%、13.2%。W3 处理抽穗期和开花期的叶片水分瞬时利用率略高于 W4 处理,但处理间差异不显著,而灌浆中期 W3 处理的叶片水分利用率显著高于 W4 处理,表明小麦生育前期较高的灌水量会导致小麦中后期叶片水分瞬时利用率的下降。相同灌水量下,H 处理的叶片瞬时水分利用率皆显著高于 CK,其中 W1 和 W4 灌水量处理下 H 处理抽穗期、开花期和灌浆中期的叶片水分利用率分别比 CK 增加了 11.7%、6.6%、12.3% 和 14.4%、6.9%、13.8%,说明通过化控措施喷施抗旱剂可明显提高小麦叶片瞬时水分利用率。

表 4 灌水和化控处理对小麦旗叶瞬时水分利用率的影响

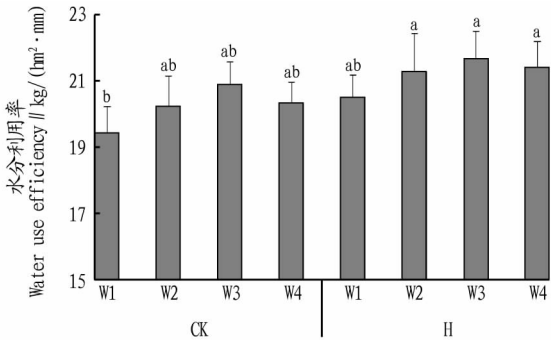
Table 4 Effects of irrigation and chemical control treatment on instantaneous water use efficiency of wheat flag leaf

化控处理 Chemical control treatment	灌水量处理 Irrigation treatment	抽穗期 Heading stage	开花期 Flowering stage	灌浆中期 Middle of filling stage
CK	W1	5.40 c	5.73 e	4.64 e
	W2	5.73 bc	6.09 d	4.75 de
	W3	5.87 b	6.34 c	5.19 c
	W4	5.70 bc	6.24 cd	4.94 d
H	W1	6.03 b	6.11 d	5.21 c
	W2	6.47 a	6.56 b	5.60 b
	W3	6.63 a	6.76 a	5.90 a
	W4	6.52 a	6.67 ab	5.62 b

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

2.5 灌水和化控处理对群体水分利用效率的影响 由图 1 可知,随着灌水量的增加,小麦群体水分利用率呈先增加后

下降的趋势,并以 W3 处理的最高。CK 和 H 处理下,W3 处理的小麦群体水分利用率分别比 W1、W2 和 W4 处理增加了 7.3%、3.1%、2.8% 和 5.7%、1.9%、1.3%。相同灌水量下,化控 H 处理下 W1、W2、W3 和 W4 处理的小麦群体水分利用率分别比 CK 下相应处理增加了 5.4%、5.1%、3.8% 和 5.4%,但差异未达到显著水平。从以上分析可以得出,适当增加灌水量有利于提高小麦群体水分利用效率,且灌水量偏高并不利于小麦群体水分利用效率的提高,采取喷施抗旱剂的化控措施亦有利于提高小麦群体水分利用效率,但该研究中喷洒水一次的效果不显著。



注: 不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note: Different lowercases indicated significant differences at 0.05 level

图 1 灌水和化控处理对小麦群体水分利用率的影响
Fig. 1 Effects of irrigation and chemical control treatments on water use efficiency of wheat population

2.6 灌水和化控处理对产量的影响 从表 5 可以看出,CK 条件下,W4 处理的穗数显著高于 W1 处理,而 W2、W3 处理与 W1 处理的穗数差异不显著,H 处理下,W1、W2、W3、W4 处理间的穗数差异均不显著。CK 和 H 处理下,W3 和 W4 处理的穗粒数均显著高于 W1 处理,分别增加了 5.2%、5.6% 和 5.3%、5.6%,表明适宜的灌水量可以显著提高小麦穗粒数。CK 条件下小麦千粒重以 W4 处理(39.77 g)最高,H 处

理下千粒重以 W3 处理(40.27 g)最高。总体来看,相同化控措施下,随着灌水量的增加小麦穗数、穗粒数和千粒重呈增加趋势,相同灌水量下 H 处理的小麦穗数、穗粒数和千粒重皆与 CK 差异不显著,但穗粒数和千粒重总体表现为 H 处理的略高于 CK。CK 条件下小麦产量以 W4 处理最高(4 769.60 kg/hm²),H 处理条件下产量以 W3 处理最高(4 860.80 kg/hm²),且相同化控措施下 W3 和 W4 处理的产

量差异皆不显著。CK 和 H 处理条件下 W3 和 W4 处理的产量皆显著高于 W1 处理,表明在缺水条件下适当增加灌水量可以显著提高小麦产量,相同灌水量下,H 处理的小麦产量皆高于 CK 处理,其中 H 处理条件下 W2、W3 和 W4 处理的产量分别显著高于 CK 下 W2、W3 和 W4 处理的产量,分别增加了 2.3%、2.2%和 1.9%,表明干旱时喷洒抗旱剂增加小麦产量的效果可高达 1.9%~2.3%。

表 5 灌水和化控处理对小麦产量及产量构成的影响

Table 5 Effects of irrigation and chemical control treatment on wheat yield and yield components

化控处理 Chemical control treatment	灌水量处理 Irrigation treatment	穗数 Spike number 万个/hm ²	穗粒数 Grains per spike	千粒重 1 000-kernel weight/g	产量 Yield kg/hm ²
CK	W1	424.60 b	30.87 c	38.47 c	4 292.93 e
	W2	427.30 ab	31.87 bc	39.23 abc	4 566.53 d
	W3	433.40 ab	32.47 ab	39.63 abc	4 758.33 b
	W4	434.97 a	32.60 ab	39.77 ab	4 769.60 b
H	W1	423.57 b	31.47 bc	38.83 bc	4 364.63 e
	W2	427.43 ab	32.60 ab	39.57 abc	4 672.07 c
	W3	432.30 ab	33.13 a	40.27 a	4 860.80 a
	W4	433.57 ab	33.23 a	40.03 ab	4 858.60 a

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著
Note:Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level

3 结论与讨论

叶面积指数和群体干物重是作物群体性状的 2 个重要指标,其中叶面积指数可用来反映作物的生长状况,与作物的光合、蒸发、蒸散等过程密切相关,是作物生产中监测、估计和病害评价的一个重要的参数^[7];作物群体地上部干物质的积累是作物净光合作用能力强弱的重要标志,是最终经济产量形成的物质基础^[8]。该研究发现,小麦群体叶面积指数和群体干物重随灌水量的增加而增加,但当灌水量增加到一定程度,灌水增加叶面积和群体干物重的效果不再显著,此外喷洒抗旱剂也可明显提高小麦群体叶面积指数和群体干物重。姚宁等^[9]研究证实,不同生育期进行水分胁迫对旱区小麦叶面积指数和地上部干物重都有明显的影响,而越冬或返青期增加 1 次灌水,一定程度上能够提高冬小麦叶面积指数和地上部干物重,且灌水量越大效果越明显。陈淑萍等^[10]研究证实,喷施抗旱剂可以促进玉米的生长发育,增强玉米的抗倒伏性,有效提高叶面积指数;王勇等^[11]研究也发现,喷施抗旱剂可以有效增加大叶黄杨的干物重。光合作用是作物产量形成的基础,该研究发现,开花期 W3 处理的光合速率略高于 W4 处理,证明了当灌水量增加到一定程度灌水对小麦光合速率的影响不再明显,甚至会导致光合速率的略微下降,而相同灌水量下喷施抗旱剂可明显提高小麦光合速率,改善其光合特性。惠海滨等^[12]研究发现,适当增加灌水量有利于提高小麦旗叶光合速率,而过量灌水小麦旗叶衰老加快,光合速率降低,王勇等^[13]研究发现,喷施抗旱剂可明显改善叶片光合特性,与该试验的研究结果相一致。

改善作物叶片和群体水分利用率对提高旱作农业区作物产量节约有限水资源具有重要的作用和意义。该研究发现,随着灌水量的增加小麦叶片水分瞬时利用率和群体水分利用率呈先增加后下降的趋势,并以 W3 处理的最高,喷施

抗旱剂亦能在一定程度上提高叶片水分瞬时利用率和群体水分利用率。褚鹏飞等^[5]研究发现,相同生育期每次灌水 60 mm 的小麦水分利用率明显高于每次灌水 30 mm 和 90 mm。李磐等^[14]研究证实,喷施抗旱剂后能明显提高棉花对土壤水分的利用效率,提高幅度为 2.1%~29.8%。产量是农业生产的最终目的,该研究发现增加灌水量有利于提高小麦产量,但当灌水量增加到一定程度增加灌水的效果不再明显(W3 与 W4 处理差异不显著),干旱时喷洒抗旱剂增加小麦产量的效果可高达 1.9%~2.3%。喷施抗旱剂能增加小麦产量主要可能是由于喷施抗旱剂能改善小麦根系性状更利于对土壤深层水分的利用、提高作物光合作用增加作物干物质积累、降低水分蒸腾提高作物水分利用率,此外也有可能通过影响作物体内酶系活性,改善作物代谢等生理指标来增加产量,但其内在的深层机理仍需我们进一步深入研究。灌水量增加到一定程度增加灌水对产量的影响不再明显可能是由于前期灌水偏多,作物缺少适度的干旱胁迫锻炼,在生育后期遇到干旱时对干旱的抵抗能力降低^[15-16]。因此,在农业生产实践中,喷施抗旱剂和采取适宜的灌水量对提高作物水分利用率、确保作物高产稳产和实现农业节水增效具有重要的意义。

参考文献

[1] 冯素伟,张保军,谢惠民,等. 灌水和非灌水条件下冬小麦水分的利用特点研究[J]. 麦类作物学报,2005,25(5):84-87.
[2] 张杰,张强,赵建华,等. 作物干旱指标对西北半干旱区春小麦缺水特征的反映[J]. 生态学报,2008,28(4):1646-1654.
[3] 王龙昌,王立祥,卞新民. 宁南黄土丘陵区旱地作物水分平衡特征与水分生态适应性研究[J]. 中国农学通报,2004,20(2):232-235.
[4] 黄玲,高阳,邱新强,等. 灌水量和时期对不同品种冬小麦产量和耗水特性的影响[J]. 农业工程学报,2013,29(14):99-108.
[5] 褚鹏飞,王东,张永丽,等. 灌水时期和灌水量对小麦耗水特性、籽粒产量及蛋白质组分含量的影响[J]. 中国农业科学,2009,42(4):1306-1315.

为 8.7、9.0 kg/cm²。可溶性固形物含量(SSC)套袋后降低,烟富 3/M26/八棱海棠降低 0.4 百分点,天红 2 号/SH40/八棱海棠降低 0.7 百分点,可溶性糖含量趋势和 SSC 相一致。可滴定酸含量套袋高于不套袋,套袋烟富 3/M26/八棱海棠

和天红 2 号/SH40/八棱海棠分别为 0.360%、0.304%,而不套袋分别为 0.325%、0.252%。糖酸比即口感不套袋明显高于套袋,烟富 3/M26/八棱海棠和天红 2 号/SH40/八棱海棠套袋分别为 44.1、53.4,而不套袋分别为 50.5、65.3。

表 4 不套袋与套袋苹果内在品质
Table 4 Internal quality of bagged and bagless fruit

品种 Varieties	处理 Treatment	单果重 Single fruit weight/g	果形指数 Fruit shape index	硬度 Hardness kg/cm ²	可溶性固形物 Soluble solids %	可溶性糖 Soluble sugar %	可滴定酸 Titratable acid %	糖酸比 Sugar acid ratio
烟富 3/M26/八棱海棠	套袋	196.8	0.812	8.3	16.2	15.9	0.360	44.1
Yanfu 3/M26/ <i>M. robust</i>	不套袋	217.0	0.820	8.7	16.6	16.4	0.325	50.5
天红 2 号/SH40/八棱海棠	套袋	151.4	0.817	8.2	16.5	16.2	0.304	53.4
Tianhong 2/SH40/ <i>M. robust</i>	不套袋	168.7	0.829	9.0	17.2	16.4	0.252	65.3

3 结论与讨论

该研究结果表明,富士叶片病虫害主要为斑点落叶病和褐斑病,果实病虫害烟富 3/M26/八棱海棠主要为蜡蛾、果锈、干腐病和轮纹病,天红 2 号/SH40/八棱海棠主要为炭疽、鸟啄、桃小食心虫、蜡蛾、轮纹病和果锈,而且套袋可以降低叶片病虫害比例和部分果实病虫害比例,这与前人的研究结果相一致^[10],该研究的病虫害更具体、更全面,这对指导富士苹果的生产更有实际意义。

套袋提高苹果着色指数和光洁度指数,提高红色度,这也是苹果套袋的最优势之处,这与前人研究结果一致^[11-13],套袋栽培降低果实单果重、糖含量,单果重降低可能与果实的光合作用受阻、果实运输养分的能力降低有关^[14],可溶性糖含量降低,研究认为主要与套袋果山梨醇和蔗糖的含量降幅大而果糖和葡萄糖降幅小有关^[3,15]。色度 a* 值高说明花青素含量高,这和套袋栽培促进果实花青苷的合成与积累有关^[16]。

该研究结果表明,套袋增加可滴定酸含量,这与前人研究结果大致一致^[17],也有不同的结果^[16,18],推测可能与测定的样品时期不同有关,王少敏等^[12]测定时可滴定酸含量果实发育前期明显低于不套袋,而后期差别不显著;而刘建海等^[18]的测定时期为 10 月 9—10 日,采收期果为 10 月 27 日。具体有待进一步研究。

综上,套袋苹果外观品质明显提高,但是口感(糖酸比)明显低于不套袋苹果。

参考文献

[1] 王贵平,张勇,翟浩,等.山东省莒县的苹果无袋栽培情况调查报告

(上接第 28 页)

[6] KANG S Z, LIANG Z S, PAN Y H, et al. Alternate furrow irrigation for maize production in an arid area[J]. Agricultural water management, 2000, 45(3): 267-274.
[7] 姚延娟,范闻捷,刘强,等.玉米全生长期叶面积指数收获测量法的改进[J].农业工程学报,2010,26(8):189-194.
[8] 宋英博,贾立君,杜永生,等.利用叶片反射光谱预测大豆合交 98-1667 干物重模型[J].大豆科学,2010,29(3):429-432.
[9] 姚宁,宋利兵,刘健,等.不同生长阶段水分胁迫对旱区冬小麦生长发育和产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(12):2379-2389.
[10] 陈淑萍,岳海旺,彭海成,等.两种抗旱叶面剂对玉米抗倒伏性、农艺性状及产量的影响[J].江西农业学报,2014,26(9):31-33.

[J].落叶果树,2015,47(4):4-6.
[2] 李德海.富士苹果无袋栽培的建议[J].中国果菜,2017,37(9):67-69.
[3] 王少敏,高华君,张晓兵.套袋对红富士苹果色素及糖、酸含量的影响[J].园艺学报,2002,29(3):263-265.
[4] 汪良驹,王中华,李志强,等.L-谷氨酸促进富士苹果花青素积累的效应[J].果树学报,2006,23(2):157-160.
[5] 东忠方,王永章,王磊,等.不同套袋处理对‘红富士’苹果果实钙素吸收的影响[J].园艺学报,2007,34(4):835-840.
[6] 李慧峰,吕德国,刘国成,等.套袋对苹果果皮特征的影响[J].果树学报,2006,23(3):326-329.
[7] 韩玉侠,李智平,常爱莉,等.套袋与不套袋富士苹果品质对比效果[J].价值工程,2015,34(5):288-289.
[8] 胡桂娟,刘嘉芬,刘寄明.果树营养成分测定法[M].泰安:泰安市新闻出版局,1997:5.
[9] 全月澳,周厚基.果树营养诊断法[M].北京:农业出版社,1982:113-115.
[10] 范崇辉,魏建梅,赵政阳,等.不同果袋对红富士苹果品质的影响[C]//赵尊练.园艺学进展:第六辑.西安:陕西科学技术出版社,2004:121-125.
[11] 张艳芬,王少敏,赵红军,等.套袋方法对新红星苹果果实品质的影响[J].山东农业科学,1998(3):23-25.
[12] 王少敏,高华君,刘嘉芬,等.套袋短枝红富士果实内含物及果皮色素的变化[J].果树科学,2000,17(1):76-77.
[13] 王贵平,孙共明,高登涛,等.不同品牌果袋对黄河故道地区苹果果实品质的影响[J].安徽农业科学,2015,43(35):24-26.
[14] 刘会香,公维松,钟呈星,等.我国苹果套袋技术的应用和研究新进展[J].水土保持研究,2001,8(3):84-86,139.
[15] 周宏伟,冯析,李玲.套袋对金冠苹果中甲基对硫磷和氨硫磷残留的影响[J].果树科学,1994,11(4):242-243.
[16] 王少敏,白佃林,高华君,等.套袋苹果果皮色素含量对苹果色泽的影响[J].中国果树,2001(3):20-22.
[17] 王军林,窦云萍,王春良.套袋对宁夏引黄灌区红富士苹果果实品质和农药残留的影响[J].甘肃农业科技,2017(5):36-39.
[18] 刘建海,李内智,张林森,等.套袋对红富士苹果果实品质和农药残留的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2003,31(S1):16-18,21.

[11] 王勇,杨培岭,任树梅.有机抗旱剂 BGA 对大叶黄杨生长及耗水特性的影响[J].水土保持学报,2006,20(3):150-153,157.
[12] 惠海滨,林琪,刘义国,等.灌水量和灌水期对超高产小麦灌浆期光合特性及产量的影响[J].西北农业学报,2012,21(8):77-83.
[13] 王勇,杨培岭,任树梅.两种抗旱剂对大叶黄杨光合特性的耦合效应[J].应用生态学报,2007,18(3):514-518.
[14] 李磐,冯耀祖,钟新才.施用抗旱保水剂对棉花产量与水分利用效率的影响[J].新疆农业科学,2011,48(6):1125-1129.
[15] 张向前,曹承富,乔玉强,等.砂姜黑土小麦根系性状与冠层光合对不同灌水方式的响应[J].中国农业科学,2015,48(8):1506-1517.
[16] JIANG J, HUO Z L, FENG S Y, et al. Effect of irrigation amount and water salinity on water consumption and water productivity of spring wheat in Northwest China[J]. Field crops research, 2012, 137: 78-88.