

采前灌溉对骏枣落果、裂果及果实品质的影响

木合塔尔·扎热, 哈地尔·依沙克, 马合木提·阿不来提, 史彦江, 吴正保

(新疆林业科学院经济林研究所, 新疆 乌鲁木齐 830063)

摘要: 以 8 年生骏枣为材料, 采用间隔灌水处理法, 研究采前(8 月 1 日至 9 月 9 日)不同灌溉次数对骏枣落果率、裂果率、叶片相对含水量及果实品质等指标的影响。结果表明: 骏枣叶片相对含水量随着土壤含水量的增加而上升, T3(灌水 5 次)处理叶片相对含水量比 CK 高 17.64%; 随着灌水次数的增多, 骏枣采前落果率和裂果率均显著下降, 其中 T3 处理的采前落果率和裂果率分别为 $7.697\% \pm 0.724\%$ 、 $12.393\% \pm 0.290\%$, 分别较 CK 低 5.977%、9.987%; 灌水次数的增多会导致果实中可溶性糖、可滴定酸、Ca 和 Zn 含量减少, 同时会促使其可溶性蛋白、糖酸比、黄酮、N、K、Mn、Fe 和 Cu 含量显著提高, 对 P 和 Mg 含量影响均不显著。增加采前灌水次数能够明显降低骏枣采前落果率和裂果率, 灌水 5 次处理的效果较为显著。

关键词: 骏枣; 灌溉次数; 落果率; 裂果率; 果实品质

中图分类号: Q945.17; S665.1; S274.1 **文献标志码:** A

Effect of preharvest irrigation on fruit drop, fruit crack and fruit quality of junzao

MUHTAR Zari, KADIR Isah, MAHMUT Ablat, SHI Yan-jiang, WU Zheng-bao

(Institute of Economic Forest, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830063, China)

Abstract: This study used eight-year old Junzao trees as materials to investigate the effects of preharvest irrigation timing on fruit dropping rate, fruit cracking rate, leaf relative water content and some fruit quality index of Junzao. The results show that leaf relative water content were increased with increasing of orchard soil water content, the leaf relative water content of T3 (irrigation 5 times) was higher than the control by 17.64%. With more irrigation times, preharvest fruit dropping rate and fruit cracking rate of Junzao were significantly decreased, with the fruit dropping rate and fruit cracking rate of T3 treatment being $7.697\% \pm 0.724\%$ and $12.393\% \pm 0.290\%$, respectively. The increase in irrigation times could reduce fruit soluble sugar, titratable acid, Ca and Zn content, but there were a significant increase in the soluble protein and sugar acid ratio, flavonoids, N, K, Mn, Fe and Cu content. In addition, the effects on P and Mg content were not significant. Preharvest irrigation treatment could significantly reduce fruit dropping rate and cracking rate of Junzao, with the T3 treatment showing the largest effect.

Keywords: junzao; irrigation time; fruit dropping rate; fruit cracking rate; fruit quality

枣(*Zizyphus jujuba* Mill.)为鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Zizyphus*)植物,原产中国^[1],是新疆干旱半干旱地区的重要果树^[2]。据 2014 年新疆统计年鉴^[3],新疆红枣种植面积已达 486 141 hm²,约占新疆水果种植总面积的一半,总产量为 1 993 660 t,现已成为新疆农村经济发展的支柱产业之一^[4]。但是,随着耕地面积的不断扩大和工业耗水量的增加,枣园关键物候期的水分亏缺问题日益突出,造成采前大量落果,导致产量和品质的下降。

采前落果即成熟期落果,主要由于前期田间管理问题,造成土壤干旱,树体营养失调,以及大风、暴雨等环境影响,加剧了采前落果^[5-6]。土壤干旱是造成树体营养失调而导致采前落果的可控因素之一。有研究发现,随着土壤水分亏缺程度的加重,枣树叶片的保水能力下降,水分饱和和亏缺增加^[7],叶绿素含量、净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)均下降^[8],造成树体营养不平衡,树体衰弱,导致落果,并显著降低果实产量和品质^[9-11]。

收稿日期: 2016-05-20

基金项目: 新疆维吾尔自治区“十二五”重大科技专项(201130102-2);新疆维吾尔自治区科技厅公益性科研院所基本费专项;新疆特色林果资源管理及测土配肥技术平台建设项目。

作者简介: 木合塔尔·扎热(1980—),男,新疆阿克苏人,博士,助理研究员,主要从事果树栽培生理研究。E-mail: muhtarzari@126.com。

通信作者: 史彦江,研究员,主要从事林木育种与栽培研究。E-mail: syj504@126.com。

果树采前落果是一个十分复杂的生理过程^[12],目前国内大多研究主要通过使用植物生长调节剂控制采前落果^[13-16]。虽然此方法快捷、简便,但喷施时期和浓度不恰当,容易产生负面效应。因此,笔者以盛果期的骏枣为试验材料,通过采前不同时期的少量灌水处理,研究土壤不同含水量下的骏枣叶片相对含水量的动态变化、采前落果率和裂果率、果实品质和果实营养元素等指标,以期为骏枣优质高效无公害栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况与试验材料

试验地位于新疆阿克苏地区温宿县佳木镇骏枣园,属大陆性干旱荒漠气候,降水稀少、蒸发量大、气候干燥。试验材料是8年生(盛果期)骏枣,砧木为酸枣,株行距为1.5 m×2 m,平均树高2.1 m,树势基本一致,南北行向,土壤质地为沙壤土。在处理期间,试验区的平均风速约为0.5 m·s⁻¹左右,最大风速低于3.0 m·s⁻¹(见图1),累积降雨量为48.20 mm(见图2)。

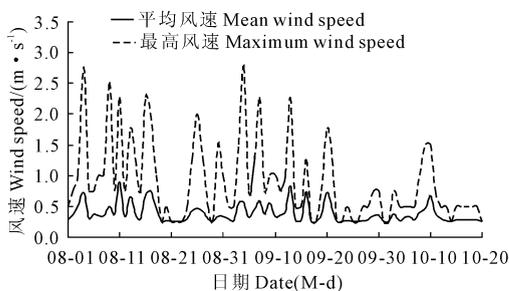


图1 试验区风速的动态变化

Fig.1 Dynamic changes of the winds peed in the experimental site

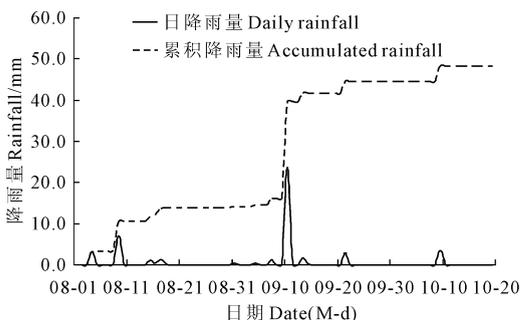


图2 试验区降雨量的动态变化

Fig.2 Dynamic changes of rainfall in the experimental site

1.2 试验设计

首先选择树龄8年生,上一年落果率较严重,但灌水方便、病虫害较少的骏枣园,选定冠幅、树体结

构、干径基本一致的骏枣40株,共4个处理,采用完全随机区组设计,每个处理布置在一行10株,每处理行间至少留一行间隔,并打埂作为小畦(畦长宽均21 m×3 m,地面高低误差均低于5 cm),每处理随机选择5株树作为试验树(即5个重复),喷漆挂牌标记。8月1日至9月9日的灌水次数不同,共设4个处理,CK(对照):分别于8月1日和9月9日灌水2次;T1:分别于8月1、11日和9月9日灌水3次;T2:分别于8月1、11、21日和9月9日灌水4次;T3:分别于8月1、11、21、31日和9月9日灌水5次。根据每次灌水时间(20 min±2 min)和灌水深度(15 cm±1 cm)控制灌水量。

1.3 试验方法

1.3.1 土壤绝对含水量和叶片相对含水量测定 每一次灌水处理的第5天,在处理试验树冠东南西北,上中下层,内外膛的二次枝上随机摘取30片叶,装入已知重量的封口塑料袋,拿到实验室即时测定其鲜重,然后将叶片浸入蒸馏水放置12 h使其饱和和水分,测定其饱和重量,接着装入牛皮信封袋置入80℃烘干箱烘干至恒重,测定叶片干重,并采用叶片相对含水量的公式计算其相对含水量^[17]。摘取叶样同时,每株试验树东南西北各方向取土壤深度分别为10~30 cm、30~50 cm的土样,均匀搅拌后采用四分法将一份土样(质量约为300 g)装入封口塑料袋,拿到实验室倒入已知重量的铝盒里,依次置入烘箱60℃(10 h)、80℃(5 h)下烘干至恒重,采用土壤绝对含水量的公式计算其绝对含水量^[18]。

1.3.2 落果率和裂果率测定 第一次灌水处理的前一天,在每株试验树东南西北各方向选择一个二次枝,挂标签,并统计枝条上的枣果总数量,到果实成熟期(10月20日)进行第二次统计,并以第一次与第二次枣果总数的差值除以第一次枣果总数计算落果率。从试验开始每隔5 d统计一次裂果数,并在枝条和枣吊的位置做标记,裂果数一直统计到试验结束为止,以裂果总数除以第一次枣果总数计算裂果率。

1.3.3 果实品质指标测定 于果实成熟期,在每株试验树的标记枝条上随机采枣果150个,将采集的果样即时带回实验室用蒸馏水洗干净后分开装入牛皮信封袋,在烘箱40℃下烘干至恒重(约4 d),将烘干的果样粉碎,装入密封袋,制成待测样品。

果实营养品质指标均参考常规果实分析法测定。可溶性蛋白含量的测定采用考马斯亮蓝G-250染色法^[19];可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[19];可滴定酸含量的测定采用NaOH中和滴定

法^[19];糖酸比 = 可溶性糖/可滴定酸含量^[19];总黄酮含量的测定采用芦丁比色法^[20]。

营养元素含量参考常规分析法测定^[21]。氮(N)含量的测定采用半微量—凯氏定氮法;磷(P)含量的测定采用 $\text{HClO}_4\text{—H}_2\text{SO}_4$ 分解,钼锑抗比色法;钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、锰(Mn)、铁(Fe)、锌(Zn)和铜(Cu)含量的测定均采用 HF—HClO_4 分解,原子吸收法。

1.4 统计方法

用 SPSS16.0 统计软件对试验数据进行单因素方差分析和 t 检验(t -test)。所有数据均取($n \geq 5$) 平均值(means \pm std. deviation)。

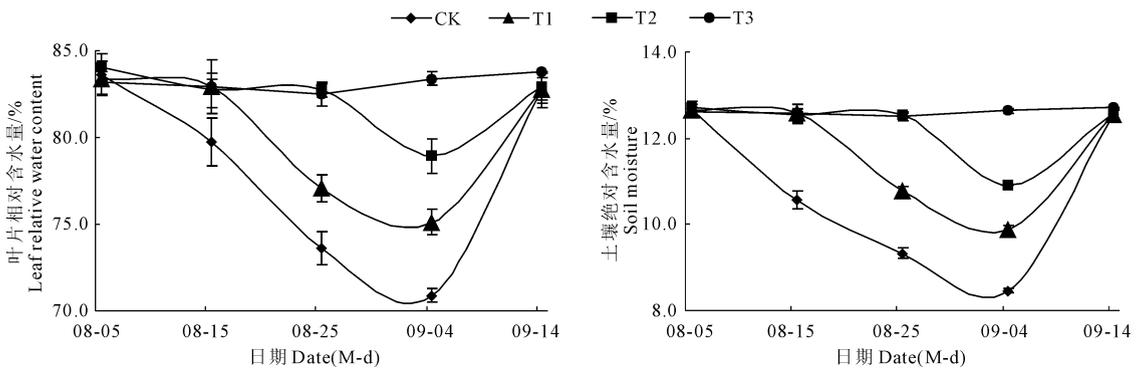


图 3 采前不同灌溉次数下的骏枣园土壤含水量及叶片相对含水量

Fig. 3 Junzao orchard soil moisture and leaf relative water content under different preharvest irrigation times

2.2 采前灌溉次数对骏枣采前落果率及裂果率的影响

由图 4 可知,随着采前土壤含水量的上升,骏枣采前落果率表现出逐渐减少趋势,T1、T2 和 T3 处理的落果率均极显著低于 CK,其中 T3 处理的落果率最低($7.697\% \pm 0.724\%$),比 CK($13.673\% \pm 0.919\%$)低

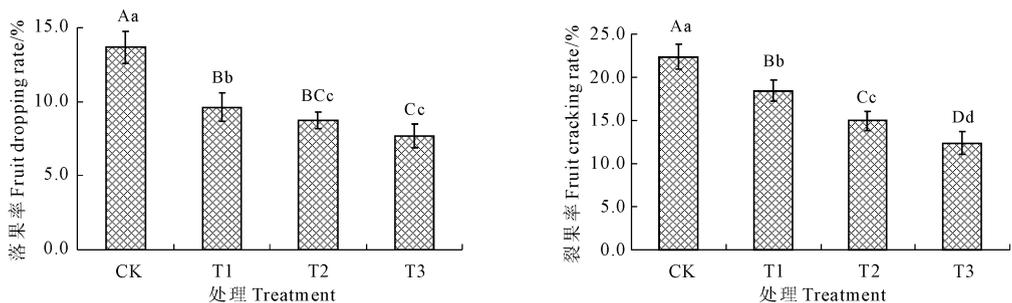


图 4 采前灌溉次数对骏枣采前落果率及裂果率的影响

Fig. 4 Effects of preharvest irrigation times on preharvest fruit dropping rate and fruit cracking rate of Junzao

2.3 采前灌溉次数对骏枣果实品质的影响

由表 1 可见,随着采前灌溉次数的增多,骏枣果实中的可溶性蛋白含量和黄酮含量逐渐上升,而其可溶性糖含量和可滴定酸含量呈现出逐渐下降趋

2 结果与分析

2.1 采前不同灌溉次数的骏枣园土壤含水量及叶片相对含水量

土壤绝对含水量和叶片相对含水量的动态变化如图 3 所示,虽然叶片相对含水量的动态变化趋势与土壤绝对含水量的变化趋势基本一致,但叶片相对含水量的下降幅度显著小于土壤绝对含水量,土壤含水量最低时的 CK 叶片相对含水量比 T1、T2、T3 处理分别低 5.98%、11.37%、17.64%。9 月 10 日下大雨后,各处理的土壤水分含量和叶片相对含水量基本恢复至同一水平。

5.977%,T3 与 T2 间的差异不显著,T3 与 T1 间有极显著差异,T2 与 T1 间有显著差异。骏枣裂果率随着采前土壤水分含量的增加而减少,CK 的裂果率最大($22.380\% \pm 0.407\%$),其裂果率极显著大于灌水处理(T1、T2 和 T3),T3 处理的裂果率最低($12.393\% \pm 0.290\%$),各灌水处理间的差异也达极显著水平。

势,因可滴定酸含量的下降幅度略高于可溶性糖含量,其糖酸比随着采前灌水量的增多而缓慢上升。采前灌溉次数的增多造成骏枣果实可溶性蛋白质含量和黄酮含量的极显著增加,T1、T2 和 T3 处理的

溶性蛋白质含量比 CK 分别高 16.762%、34.815% 和 106.916%，其黄酮含量比 CK 分别高 24.454%、40.626% 和 69.227%。随着采前灌水处理次数的增多，骏枣果实中可溶性糖含量和可滴定酸含量均极

显著下降，T3 处理的可溶性糖含量和可滴定酸含量比 CK 分别少 15.373% 和 0.257%，T1、T2 处理的糖酸比与 CK 相比无显著差异，T3 处理的糖酸比显著高于 CK，高出 7.203%。

表 1 采前灌溉次数对骏枣果实营养品质的影响

Table 1 Effects of preharvest irrigation times on fruit nutrient taste index

处理 Treatment	可溶性蛋白含量 Soluble protein content /(mg·g ⁻¹)	可溶性糖含量 Soluble sugar content /(mg·g ⁻¹)	可滴定酸含量 Titratable acid content /(mg·g ⁻¹)	糖酸比 Sugar acid ratio	黄酮含量 Flavonoid content /(mg·g ⁻¹)
CK	24.003 ± 1.041Cc	388.40 ± 9.85Aa	4.97 ± 0.40Aa	78.667 ± 8.083Ab	28.857 ± 2.902Cd
T1	28.027 ± 0.831BCbc	270.73 ± 3.80Bb	3.24 ± 0.29Bb	84.333 ± 9.292Aab	35.913 ± 1.365Bc
T2	32.360 ± 2.884Bb	257.17 ± 5.35BCb	2.80 ± 0.08BCbc	92.000 ± 4.583Aab	40.580 ± 0.473Bb
T3	49.667 ± 3.971Aa	234.67 ± 12.34Cc	2.40 ± 0.10Cc	97.667 ± 8.622Aa	48.833 ± 1.715Aa

注:表中同列不同大或小写英文字母表示各处理间有极显著差异($P < 0.01$)或显著差异($P < 0.05$),下同。

Note: the different letters in same columns indicated that there were significant differences either at $P < 0.01$ or $P < 0.05$, the same below.

由表 2 可知,随着采前灌水次数的增多,骏枣果实中的 N、K、Mn、Fe 和 Cu 含量均呈现出显著上升趋势,其 Ca 和 Zn 含量反而逐渐下降,P 和 Mg 含量未受到显著影响。T1、T2 和 T3 处理的果实 N 含量均极显著大于 CK,比 CK 分别高 26.372%、27.446% 和 53.461%。灌水处理下,骏枣果实 P 和 Mg 含量均无显著变化,各处理间的差异均不显著。与 CK 果实 K 含量相比,T1 处理无显著差异,T2 处理有显著差异,T3 处理的果实 K 含量极显著高于 CK,比 CK 高 1.807 mg·g⁻¹。采前灌水次数的增多造成骏枣果实中的 Ca 和 Zn 含量明显减少,T1 处理的果实 Ca 和 Zn 含量与 CK 相比均无显著差异,而 T2 和 T3 处理

的果实 Ca 和 Zn 含量均极显著低于 CK,其果实 Ca 含量分别比 CK 低 16.079%、18.445%,果实 Zn 含量分别比 CK 低 24.124%、31.701%。与 CK 果实 Mn 含量相比,T1 处理无显著差异,而 T2 和 T3 处理的果实 Mn 含量均极显著高于 CK 处理,比 CK 分别高 32.892%、60.120%。T1 和 T2 处理的果实 Fe 含量与 CK 间差异不显著,而 T3 处理的 Fe 含量极显著高于 CK,比 CK 高 40.340 μg·g⁻¹。T1 处理的果实 Cu 含量与 CK 间差异不显著,T2 处理的果实 Cu 含量与 CK 间有显著差异,T3 处理的果实 Cu 含量极显著高于 CK,T2 和 T3 处理果实 Cu 含量分别比 CK 高 45.463%、60.128%。

表 2 采前灌溉次数对骏枣果实营养元素含量的影响

Table 2 Effects of preharvest irrigation times on fruit nutrient element content

元素 Element	处理 Treatment			
	CK	T1	T2	T3
N/%	2.793 ± 0.145 Cc	3.530 ± 0.182 Bb	3.560 ± 0.225 Bb	4.287 ± 0.280 Aa
P/(mg·g ⁻¹)	1.647 ± 0.303 Aa	1.783 ± 0.316 Aa	1.663 ± 0.232 Aa	1.947 ± 0.211 Aa
K/(mg·g ⁻¹)	11.487 ± 0.050 Bc	11.933 ± 0.190 Bbc	12.467 ± 0.736 ABab	13.293 ± 0.445 Aa
Ca/(μg·g ⁻¹)	1521.667 ± 97.644 Aa	1393.000 ± 69.477 ABab	1277.000 ± 44.306 Bbc	1241.000 ± 50.478 Bc
Mg/(μg·g ⁻¹)	594.967 ± 6.396 Aa	587.267 ± 36.104 Aa	586.200 ± 18.031 Aa	596.133 ± 35.558 Aa
Mn/(μg·g ⁻¹)	2.767 ± 0.100 Cc	3.250 ± 0.345 BCbc	3.677 ± 0.147 ABb	4.430 ± 0.444 Aa
Fe/(μg·g ⁻¹)	77.027 ± 6.895 Bb	86.337 ± 5.193 Bb	90.223 ± 3.968 Bb	117.367 ± 12.491 Aa
Cu/(μg·g ⁻¹)	3.637 ± 0.333 Bc	4.120 ± 0.961 ABe	5.290 ± 0.130 ABb	5.823 ± 0.699 Aa
Zn/(μg·g ⁻¹)	27.097 ± 2.252 Aa	23.493 ± 2.873 ABab	20.560 ± 1.150 Bbc	18.507 ± 0.574 Bc

3 结论与讨论

水分是影响果树生长发育的重要环境因素,果树产量对供水的依赖性往往超过了任何其它因素^[22-24],灌水量过高或过低都会对产量有负面影

响^[25-26]。南娟等^[27]在研究不同保墒措施对红枣生长的影响中发现,保水效果最高的 J2 处理(秸秆覆盖量 2 kg·m⁻²)下红枣产量也表现出最高水平,比对照提高 37.3%。采前落果和裂果也是果树减产和品质下降的重要因素,土壤有效水分含量与果树

需水量间的不平衡是导致采前落果和裂果的原因之一[2,13,16,28]。本研究结果表明,骏枣采前灌水次数的增多,有效地减少了骏枣采前落果和裂果,T3处理的落果率和裂果率比对照分别低 5.977%和 9.987%,说明骏枣只有吸收足够的水分,才能缓解果实水分和营养的竞争,保证果实的正常生长,减少营养不足而造成的果实脱落,同时足够的果实含水量保持适当的水势,从而缓解突然下雨或灌水造成的低水势果实大量吸水过快膨胀,减少果实破裂[29-30]。

水分是影响果实品质的重要因素,虽然轻度干旱条件能够提高果实糖含量,但过度干旱仍会导致果实品质下降[31-34]。采前灌水次数的增多能够显著提高骏枣果实中的可溶性蛋白和黄酮含量,可溶性糖和可滴定酸均逐渐下降,糖酸比升高,此结果与房玉林等[35]研究灌溉对酿酒葡萄果实品质影响和郑强卿等[26,36]研究灌溉量对骏枣果实品质的影响的结果基本一致,但与程福厚等[37]研究灌溉对鸭梨果实品质的影响的结果有一定差异。樊卫国等[38]研究发现,干旱条件下柑橘果实中 N、P、Ca、Fe、B 等元素的含量明显降低。本研究发现,采前灌水次数的增多能够显著提高骏枣果实中的 N、K、Mn、Fe 和 Cu 含量,Ca 和 Zn 含量均逐渐下降,而对 P 和 Mg 含量的影响均不显著,此结果与樊卫国等[38]的研究结果有一致也有差异,可能是树种和环境不同的原因。

总而言之,骏枣果园管理中,果实采前勤灌溉能够减少骏枣采前落果率和裂果率,也能够提高果实中的部分营养元素的含量,本研究中 T3 处理的效果较显著。

参考文献:

- [1] 曲泽洲,王永蕙.中国果树志(枣卷)[M].北京:中国林业出版社,1993:2-6.
- [2] 汪星,朱德兰,权金娥,等.红枣裂果的药剂防治效果研究初报[J].干旱地区农业研究,2010,28(6):142-146.
- [3] 陈虹.新疆统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2014:363-364.
- [4] 木合塔尔·扎热,吴正保,故丽米热·卡克什,等.有机肥与化肥不同配施对土壤养分及骏枣光合特性和叶果比的影响[J].土壤通报,2015,46(2):405-411.
- [5] Girona J, Mata M, Arbonès A, et al. Peach tree response to single and combined regulated deficit irrigation regimes under shallow soils[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2003, 128(3):432-440.
- [6] Stover E, Fargione M J, Watkins C B, et al. Harvest management of Marshall McIntosh' apples: Effects of AVG, NAA, Ethephon, and summer pruning on preharvest drop and fruit quality[J]. HortScience, 2003, 38(6):1093-1099.
- [7] 冯宝春,陈学森,杨红花,等.干旱胁迫对枣树叶片生理的影响[J].林业科技,2009,34(4):10-13.
- [8] 冯宝春,陈学森,何天明,等.枣树抗旱性研究初报[J].石河子大学学报,2004,22(5):397-400.
- [9] 崔宁博,杜太生,李忠亭,等.不同生育期调亏灌溉对温室梨枣品质的影响[J].农业工程学报,2009,25(7):32-38.
- [10] 马福生,康绍忠,王密侠,等.调亏灌溉对温室梨枣树水分利用效率与枣品质的影响[J].农业工程学报,2006,40(1):37-43.
- [11] 赵春明,王密侠,郑灵祥,等.调亏灌溉对梨枣树蒸腾作用和光合作用的影响[J].水利水电科技进展,2010,30(1):45-47.
- [12] 钟彩虹,曾秋涛,王中炎.果实套袋对猕猴桃采前落果及果实品质的影响[J].湖南农业科学,2002,(4):34-35.
- [13] 张传来,张建华,刘遵春,等.几种植物生长调节剂对满天红梨采前落果的影响[J].中国农学通报,2006,22(2):298-300.
- [14] 杨丰年,王学军,李恩信,等.金丝小枣采前落果防治技术[J].经济林研究,1987,5(02):84-87.
- [15] 孟玉平,曹秋芬,樊新萍,等.苹果采前落果与内源激素的关系[J].果树学报,2005,22(01):6-10.
- [16] 张传来,张艳,刘遵春,等.植物生长调节剂对美人酥梨采前落果的影响[J].安徽农业科学,2006,34(1):29.
- [17] 邹琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000:11-12.
- [18] 程东娟,张亚丽.土壤物理实验指导[M].北京:中国水利水电出版社,2012:43-44.
- [19] 张水华.食品分析实验[M].北京:化学工业出版社,2006:32-33,43-46.
- [20] 何普浙.食品分析综合实验指导[M].北京:科学出版社,2014:73-74.
- [21] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2002:39-139.
- [22] 孙波,汪有科,周玉红.干旱胁迫下梨枣抗旱性研究[J].干旱地区农业研究,2014,32(4):37-42.
- [23] Mpelasoka B, Behboudian M, Green S. Water use, yield and fruit quality of lysimeter-grown apple trees: responses to deficit irrigation and ticropload[J]. Irrigation Science, 2001, 20(3):107-113.
- [24] 辛小桂,吴普特,汪有科,等.山地不同树龄枣园土壤水分状况研究[J].干旱地区农业研究,2012,30(3):85-89.
- [25] García-Tejero I, Romero-Vicente R, Jiménez-Bocanegra J A, et al. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity[J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(5):689-699.
- [26] 郑强卿,陈奇凌,李铭,等.干旱沙漠区灌溉量对骏枣果实产量及品质影响[J].新疆农业科学,2014,51(2):250-256.
- [27] 南娟,汪有科,李晓彬,等.不同保墒措施对陕北山地枣园土壤温湿度及生长的影响[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):83-89.
- [28] 王斌.不同留果量和灌水间隔天数对油桃裂果的影响[J].安徽农业科学,2015,43(19):37-38.
- [29] 曹一博,孙帆,刘亚静,等.枣果实组织结构及果皮中矿质元素含量对裂果的影响[J].果树学报,2013,30(4):621-626.

- [J]. 华中农业大学学报, 1999, 18(2): 107-110.
- [13] 冯素伟, 胡铁柱, 李 淦, 等. 不同小麦品种籽粒灌浆特性分析[J]. 麦类作物学报, 2009, 29(4): 643-646.
- [14] 郭明明, 赵广才, 郭文善, 等. 播期对不同筋型小麦旗叶光合及籽粒灌浆特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(2): 192-197.
- [15] 裴雪霞, 王姣爱, 党建友. 播期对优质小麦籽粒灌浆特及旗叶光合特性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 6(1): 121-128.
- [16] 金亚征, 王建民. 不同耕作方式对冬小麦籽粒灌浆特性的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(6): 22-24, 43.
- [17] 张露雁, 盛 坤, 孟 娟, 等. 行距配置对紧凑型冬小麦品种灌浆特性的影响[J]. 河南农业科学, 2014, 43(10): 15-18.
- [18] 杨文平, 郭天财, 刘胜波, 等. 行距配置对大穗型小麦灌浆期干物质转移及籽粒灌浆特性的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(6): 103-107.
- [19] 冯 伟, 李 晓, 邱记东, 等. 种植行距对两种穗型小麦品种籽粒糖代谢及灌浆特性的影响[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(5): 875-880.
- [20] 孔凡磊, 陈 阜, 张海林, 等. 轮耕对土壤物理性状和冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 150-155.
- [21] 郑成岩, 崔世明, 王 东, 等. 土壤耕作方式对小麦干物质生产和水分利用效率的影响[J]. 作物学报, 2011, 37(8): 1432-1440.
- [22] 孙宏勇, 刘昌明, 张喜英, 等. 不同行距对冬小麦麦田蒸发、蒸散和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(3): 22-26.
- [23] 孙淑娟, 周勋波, 陈雨海, 等. 冬小麦种群不同分布方式对农田小气候及产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(S2): 27-31.
- [24] 赵俊晔, 于振文. 施氮量对小麦强势和弱势籽粒氮素代谢及蛋白质合成的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(8): 1547-1554.
- [25] 蔡庆生, 吴兆苏. 小麦籽粒生长各阶段干物质积累量与粒重的关系[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(1): 38-41.
- [26] Nass H B, Reiser B. Grain filling period and grain yield relationship in spring wheat[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1975, (55): 673-678.
- [27] 上官周平, 陈培元, 李 英. 氮肥和底墒对小麦籽粒灌浆过程的调节效应分析[J]. 西北植物学报, 1994, 14(2): 107-112.
- [28] 薛 香, 吴玉娥, 陈荣江, 等. 小麦籽粒灌浆过程的不同数学模型模拟比较[J]. 麦类作物学报, 2006, 26(6): 169-171.
- [29] 陈昱利, 张海军, 葛道阔, 等. 小麦籽粒灌浆速率的模拟[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(3): 480-485.
- [30] 乔玉辉, 宇振荣, Driessen P M. 冬小麦干物质在各器官中的积累和分配规律研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(5): 543-546.
- [31] Elhdaie B, Allouh G A, Waines J G. Genotypic variation in linear rate of grain growth and contribution of stem reserves to grain yield in wheat[J]. Field Crops Research, 2008, (106): 34-43.
- [32] 陈 炜, 邓西平, 聂朝娟, 等. 不同栽培模式下两个旱地小麦品种籽粒灌浆特性与产量构成分析[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 240-244.
- [33] 刘殿英, 黄炳茹, 董庆裕. 土壤水分对冬小麦根系的影响[J]. 山东农业大学学报, 1991, 22(2): 103-110.
- [34] 李友军, 黄 明, 吴金芝, 等. 不同耕作方式对豫西旱区坡耕地水肥利用与流失的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 42-45.
- [35] Chapman N, Miller A J, Lindsey K, et al. Roots, water, and nutrient acquisition: let's get physical[J]. Trends in Plant Science, 2012, 7(12): 701-710.
- [36] 乔蕊清, 刘新月, 卫云宗. 冬小麦撒播简化高产栽培技术的研究与应用[J]. 麦类作物学报, 2001, 21(3): 84-86.

(上接第 114 页)

- [30] 王保明, 丁改秀, 王小原, 等. 枣果实裂果的组织结构及水势变化的原因[J]. 中国农业科学, 2013, 46(21): 4558-4568.
- [31] Dorji K, Behboudian M H, Zegbe-Dominguez J A. Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying[J]. Scientia Horticulturae, 2005, 104(2): 137-149.
- [32] Du Tasheng, Kang Shaozhong, Zhang Jianhua, et al. Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root - zone drip irrigation[J]. Agricultural Water Management, 2008, 95(6): 659-668.
- [33] Treeby M T, Henriod R E, Bevington K B, et al. Irrigation management and root stock effects on navel orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] fruit quality[J]. Agricultural Water Management, 2007, 91(1): 24-32.
- [34] García-Tejero I, Romero-Vicente R, Jiménez-Bocanegra J A, et al. Response of citrus trees to deficit irrigation during different phenological periods in relation to yield, fruit quality, and water productivity[J]. Agricultural Water Management, 2010, 97(5): 689-699.
- [35] 房玉林, 孙 伟, 万 力, 等. 调亏灌溉对酿酒葡萄生长及果实品质的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(13): 2730-2738.
- [36] 郑强卿, 陈奇凌, 李 铭, 等. 隶属函数法综合评价灌溉量对‘骏枣’水分利用率及果实品质影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(28): 204-209.
- [37] 程福厚, 霍朝忠, 张纪英, 等. 调亏灌溉对鸭梨果实的生长、产量及品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(04): 72-76.
- [38] 樊卫国, 李庆宏, 吴素芳. 长期干旱环境对柑橘生长及养分吸收和相关生理的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(11): 1484-1493.