

水肥调控对设施延后栽培葡萄产量和品质的影响

黄英, 安进强, 张芮, 徐斌, 王忠鹏, 张晓霞

(甘肃农业大学工学院, 甘肃兰州 730070)

摘要: 为合理施肥灌水, 实现设施延后栽培葡萄的优质高产, 就3个施肥水平(高肥、中肥、低肥)和4个灌水水平(丰水、轻度胁迫、中度胁迫、重度胁迫)对“红地球”葡萄的产量和品质的影响进行了研究。结果表明: 灌水量对葡萄纵径和单粒重的影响达到极显著水平, 水肥互作效应对果型指数呈显著水平, 可溶性固形物随施肥量的增加先增加后减小, 可滴定酸含量随施肥量的增加而增加, 适量的施肥和适度的缺水可增加花色苷含量, 提高糖酸比, 葡萄产量随施肥量的增加而增加, 随水分的亏缺先增大后减小。综合考虑产量和品质, 中肥(N、P、K分别为161.92、53.97 kg·hm⁻²和44.98 kg·hm⁻²)和中度胁迫(55%~60%田间持水量)处理组合产量最高, 品质较佳。

关键词: 施肥水平; 灌水水平; 葡萄; 产量; 品质

中图分类号: S274 **文献标志码:** A

Effects of fertilizer-water regulation on quality and yield of greenhouse grape under delayed cultivation

HUANG Ying, AN Jin-qiang, ZHANG Rui, XU Bin, WANG Zhong-peng, ZHANG Xiao-xia

(College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: In order to fertilize and irrigate properly and get high quality and yield of greenhouse grape under delayed cultivation, the effects of three different fertilization levels (upper level fertilization, middle level fertilization and lower level fertilization) and four irrigation thresholds (Wet, mild stress, moderate stress and severe stress) on quality and yield of “Red Globe” grape were investigated. The results indicate that the effect of different irrigation threshold on the grape diameter and grain weight was extremely significant, the effect of interaction on the figure index become significant. Total soluble solid (TSS) first increased and then decreased with the fertilization level, the titratable acid content increased with the fertilization level. It can increase anthocyanin content and enhance the grape resistance while fertilize and irrigate reasonably. The yield of grape increased with the increase of fertilization level, and first increased and then decreased with the water deficit. By comprehensive consideration of increasing yield and grape quality, under the treatment of upper level fertilization (the content of N, P, K were 161.92, 53.97 kg·hm⁻² and 44.98 kg·hm⁻² respectively) and moderate stress (55%~60% θ_f), the yield of greenhouse grape under delayed cultivation was highest and the quality was preferable.

Keywords: fertilization level; irrigation threshold; grape; yield; quality

设施延后栽培是以延后葡萄浆果成熟期为目的, 实现果品的淡季供应, 提高葡萄经济效益的一种栽培方式^[1]。甘肃省张掖市属冷凉地区, 昼夜温差大, 具有实现元旦和春节上市的得天独厚的条件, 为设施延后栽培葡萄提供了先天基础。随着人民生活水平的提高, 对单纯追求产量和经济效益的需求急剧下降, 如何实现农产品的高产优质已成为我国农

业发展中急需解决的关键问题之一^[2-4]。众多学者^[5-7]多以水分作为调控指标对农作物产量和品质开展了大量研究。Santos等^[8]研究表明分根交替灌溉虽可改善葡萄浆果品质, 提升浆果香味浓度, 但产量有所减少; Gelly等^[9]研究表明适度亏水可增加桃子的可溶性固形物含量, 减少可滴定酸含量, 提高果实表现观和营养品质; 程福厚等^[10]研究表明, 亏水处

收稿日期: 2014-03-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“冷凉地区葡萄设施延后栽培水分品质响应机理研究”(51269001); 甘肃省青年基金项目“设施栽培经济作物节水施肥调质理论与应用技术研究”(1208RJYA017)

作者简介: 黄英(1988—), 女, 甘肃庆阳人, 硕士研究生, 主要从事节水灌溉研究。E-mail: 373359798@qq.com。

通信作者: 安进强(1971—), 男, 甘肃通渭人, 副教授, 硕导, 主要从事农业灌溉自动化研究。E-mail: anjq@gsau.edu.cn。

理虽抑制树体营养生长,但可增加鸭梨可溶性固形物含量、全 K 含量和还原糖含量。于红梅等^[11]、成日远等^[12]表明,科学的水肥管理,保持良好的土壤环境是获得农作物优质高产的重要措施,但关于水肥对设施延后栽培葡萄的研究较少,本文重点探讨不同的灌水水平和施肥水平对设施延后栽培葡萄产量、品质的影响,以期为合理调控水肥,为实现设施延后栽培葡萄的优质高产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2013 年 5 月至 2013 年 12 月在甘肃省张掖市灌溉实验中心进行。试验中心位于张掖市西北方向,地理坐标为 101°24'E,37°58'N,海拔 1 482.7m,地下水丰富,作为该试验主要灌溉水源。葡萄生育期平均降雨量为 157.9 mm,蒸发量为 1 290.25 mm,属典型的大陆性干旱气候。实验区土壤为中壤土,田间持水率 22.8%,pH 值为 8.4,呈碱性,土壤体积质量为 1.45 g·cm⁻³,0~20 cm 有机质含量 1.365%,碱解氮 61.8 mg·kg⁻¹,速效磷 13.4 mg·kg⁻¹,速效钾 190.4 mg·kg⁻¹。

1.2 供试作物

供试作物为 2 a 树龄的葡萄,品种为红地球,株距 1 m,行距 2 m,灌溉方式采用低压水塔自流式(井水)滴管灌溉,试验栽培设施采用日光温室大棚,建筑面积 8 m×80 m。

1.3 试验设计

2013 年度将红地球生育期划分为萌芽期(05—03—05—13)、抽蔓期(05—14—06—12)、开花坐果期(06—13—06—20)、浆果膨大期(06—21—09—09)、着色成熟期(09—09—12—20)。试验小区按随机区组设计,采用水分和肥料两种控制方式。水分分为 4 个灌水水平,即土壤含水率下限为田间持水量的 75%~80%(丰水 W₁)、65%~70%(轻度胁迫 W₂)、55%~60%(中度胁迫 W₃)、45%~50%(重度胁迫 W₄),灌水定额为 270 m³·hm⁻²。肥料设 3 个水平,N:P:K=3.6:1.2:1 固定,控制施入量,即高肥 F₁(N、P、K 施入量分别为 226.69、75.56 kg·hm⁻²和 62.97 kg·hm⁻²),中肥 F₂(N、P、K 施入量分别为 161.92、53.97 kg·hm⁻²和 44.98 kg·hm⁻²),低肥 F₃(N、P、K 施入量分别为 97.15、32.38 kg·hm⁻²和 26.99 kg·hm⁻²),分期施肥方案见表 1。共 12 个处理,每处理设 3 个重复,共 36 个小区,每个小区面积为 12 m²(6 m×2 m),总体设计方案见表 2。

表 1 分期施肥方案

肥料 Fertilization	抽蔓期 Vining stage	开花期 Blossom period	浆果膨大期 Berry expansion period	着色期 Coloring maturity	采摘期 Picking period
N	25%	25%	30%	0%	20%
P	25%	25%	30%	0%	20%
K	20%	25%	20%	20%	15%

表 2 试验总体设计

Table 2 Overall design of experiments

处理 Treatment	土壤含水率下限 (占田间持水量的百分数%) Lower limit of soil water content (percentage of field water holding rate)	施 N 量/(kg·hm ⁻²) N application amount	施 P 量/(kg·hm ⁻²) P application amount	施 K 量/(kg·hm ⁻²) K application amount
W ₁ F ₁	75%~80%	226.69	75.56	62.97
W ₂ F ₁	65%~70%	226.69	75.56	62.97
W ₃ F ₁	55%~60%	226.69	75.56	62.97
W ₄ F ₁	45%~50%	226.69	75.56	62.97
W ₁ F ₂	75%~80%	161.92	53.97	44.98
W ₂ F ₂	65%~70%	161.92	53.97	44.98
W ₃ F ₂	55%~60%	161.92	53.97	44.98
W ₄ F ₂	45%~50%	161.92	53.97	44.98
W ₁ F ₃	75%~80%	97.15	32.38	26.99
W ₂ F ₃	65%~70%	97.15	32.38	26.99
W ₃ F ₃	55%~60%	97.15	32.38	26.99
W ₄ F ₃	45%~50%	97.15	32.38	26.99

1.4 观测指标及测定方法

1.4.1 表观品质

1) 葡萄纵径、横径:自盛花后 15 天,每个小区随机选取三穗葡萄标记,自浆果膨大期开始,每隔 7 天用游标卡尺测定一次每穗上中下三粒葡萄的纵横径,每处理 9 粒。

2) 单粒重:膨大期和采摘期分别在每个小区选取两穗葡萄,每穗摘取上中下三粒,共 18 粒,用精度为 0.01 的电子秤测定。

1.4.2 营养品质 膨大期和采摘期,每处理随机从具有代表性的 10 个果穗上取 20 粒葡萄,用冰盒带回实验室,置于冰箱内保鲜。

1) 可溶性固形物:手持测糖仪法。分别于浆果膨大期和采摘期取新鲜葡萄,放入研钵捣汁,将所捣汁液滴入手持便携式测糖仪,所读数值,即为可溶性固形物的含量。

2) 可滴定酸:NaOH 滴定法(GB12293-90 法)。

3) 维生素 C:2,4-二硝基苯肼比色法测定^[13]。

4) 花色苷:分光光度法^[14]。取葡萄皮提取液,以 0.1 mol·L⁻¹的盐酸乙醇溶液做参比液,用

分光光度计在 530、620、650 nm 波长下测定提取液的光密度值,并用 Greey 公式准确计算出花青素的光密度值,进一步求出花色苷含量(nmol·g⁻¹)。

1.4.3 产量 采摘期,各小区葡萄单独采收,用精度为 0.01 的电子秤测定各小区所有葡萄的产量,并换算为标准产量 kg·hm⁻²。

1.5 数据处理

试验数据采用 EXCEL 2010 和 SPSS 19.0 统计分析软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同水肥处理对葡萄表观品质的影响

由表 3 知,灌水水平对葡萄纵径的影响呈极显著水平($P < 0.01$),灌水水平 × 施肥水平对葡萄纵横径的影响呈显著水平($P < 0.05$),高肥水平下,葡萄纵径随水分亏缺程度的加强而减小,低肥水平下,随水分亏缺程度的加强呈先增加后减小的趋势,到 W₃ 灌水水平达最大值,中肥水平并无明显规律, W₁F₁ 处理纵、横径最大。

表 3 水肥处理对葡萄表观品质的影响

Fig.3 Effects of fertigation treatments on appearance quality of grape

灌水水平 Irrigation level	施肥水平 Fertilization level	横径/mm	纵径/mm	果型指数		单粒重/g	
		Transverse diameter	Longitudinal diameter	Figure index		膨大期	着色期
		09-09	09-09	07-05	09-09	Enlargement period	Coloring maturity
W ₁	F ₁	23.43a	25.99a	1.24ab	1.12ab	6.71a	11.25a
	F ₂	22.85abc	25.96a	1.25ab	1.140a	5.57abc	8.42cde
	F ₃	22.48abc	25.07abc	1.21ab	1.11ab	6.48ab	11.06a
W ₂	F ₁	21.68c	24.86abc	1.28a	1.15a	5.42abc	7.05d
	F ₂	22.06bc	24.56bc	1.23ab	1.12ab	5.24bc	6.89d
	F ₃	23.52a	25.74a	1.22ab	1.12ab	5.20bc	7.91cd
W ₃	F ₁	22.41abc	24.31bc	1.22ab	1.08bc	5.23bc	9.02abcd
	F ₂	23.41a	25.17ab	1.22ab	1.08bc	6.35ab	10.19abc
	F ₃	23.02ab	25.81a	1.24ab	1.13a	6.57ab	10.40abc
W ₄	F ₁	22.94ab	24.29bc	1.22ab	1.04c	5.54abc	10.74ab
	F ₂	23.08ab	23.93c	1.19b	1.04c	5.24bc	10.10abc
	F ₃	23.02ab	24.53bc	1.22ab	1.07c	4.78c	10.04abc

显著性检验(P 值) Significance test (P values)

施肥水平 Fertilization level	0.3637	0.1971	0.4855	0.4126	0.7750	0.2338
灌水水平 Irrigation level	0.2038	0.0001	0.2604	0.0000	0.0047	0.0001
施肥水平 × 灌水水平 Fertilization level × Irrigation level	0.0103	0.0173	0.3634	0.0380	0.1167	0.2467

注:不同小写字母表示 $P < 0.05$ 的显著差异。

Note: Within each column, different small letters mean significant difference at $P < 0.05$.

灌水水平及水肥互作效应对 9 月 9 日果型指数有显著影响,高肥和低肥水平下,果型指数随水分亏缺程度的加强先增加后减小,至 W_2 和 W_3 水平时分别达到最大值,中肥水平下,果型指数随水分亏缺程度的加强而减小。从浆果膨大初期(7 月 5 日)至膨大末期(9 月 9 日),果型指数均逐渐变小, W_3 水平下变化最快,即横径膨大速率逐渐大于纵径膨大速率。浆果膨大期,多水多肥既能满足设施延后栽培葡萄营养生长,又能满足生殖生长,故而葡萄粒径生长速率最快,纵、横径最大,少水多肥时,土壤中的肥料浓度过高,使水的渗透压力变大,从而影响葡萄吸收,中水中肥时,膨大前期营养生长受到影响,蔓条长势一般,膨大后期营养生长基本结束,大部分养分供于生殖生长,粒径大小呈中等水平。

灌水水平对膨大期和着色期单粒重呈极显著水平,膨大期 W_4 处理单粒重较小,着色期 W_2 处理单粒重较小, W_1F_1 处理在两个生育期的单粒重均最大,是因为 W_1F_1 处理下葡萄粒径大, W_4 处理葡萄粒径较小,但从浆果膨大期至着色期, W_4 处理单粒重增加最多,从肥料水平看, F_1 水平下的单粒重增长量较大,说明适度水分亏缺和肥料的增加可增加单粒重。

2.2 不同水肥处理对葡萄营养品质的影响

营养品质是鲜食葡萄最重要的商品品质。灌溉水平对可滴定酸含量(以酒石酸计)和维生素 C 影响显著,灌溉水平和施肥水平均对花色苷的影响达到极显著水平,水肥互作效应对这些营养品质影响不明显。

由表 4 可知,相同灌水水平下,可溶性固形物含量、维生素 C、花色苷和糖酸比均随施肥量的增加先增加后减小,糖酸比和可滴定酸含量随施肥量的增

加而增加,同一施肥水平下,可滴定酸含量、维生素 C 和花色苷随水分亏缺程度的加强先增大后减小。 W_3 灌水水平下, F_2 处理可溶性固形物分别比 F_1 和 F_3 高出 6.11% 和 5.29%,维生素 C 含量分别被比 F_1 和 F_3 高出 10.14% 和 35.41%; F_2 施肥水平下, W_3 处理的维生素 C 含量分别比 W_1 、 W_2 、 W_4 高出 19.90%、17.35%、22.88%,花色苷含量分别比 W_1 、 W_2 、 W_4 高出 19.23%、19.23%、15.74%,水肥互作效应对糖酸比无显著影响,中度胁迫灌水水平与中肥水平组合能促进浆果成熟,改善浆果品质。

2.3 不同水肥处理对水肥生产力和产量的影响

肥料偏生产力是指使用某一特定肥料下的作物产量与施肥量的比值,是肥料利用率的重要指标^[15]。由表 5 知,相同水分条件下,葡萄产量、水分利用效率和水分生产率随施肥量的增加而增加,氮、磷、钾肥偏生产力逐渐下降,且 W_3 水平下的施肥量对葡萄产量的影响最大, F_1 、 F_2 的葡萄产量分别比 F_3 高 41.21%、13.56%。相同施肥水平条件下,葡萄产量和氮、磷、钾肥偏生产力随水分亏缺程度的加强呈先增大后减小的趋势,水分利用效率和水分生产率随水分亏缺程度加强而增大,产量到 W_3 水平时最大,在 F_1 、 F_2 、 F_3 条件下, W_3 对应的产量分别比 W_1 产量高出 59.71%、47.54%、65.02%。 W_3F_1 处理的葡萄产量最高,为 $38\ 937.68\ \text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,但水分利用率、水分生产率和肥料偏生产力并非最高,水分利用率和肥料生产力分别达最高时,产量分别比 W_3F_1 下降 28.8% 和 41.2%。中度胁迫灌水水平和中肥水平组合的葡萄产量比较高,且水肥利用率高,增产效果明显。

表 4 水肥对葡萄营养品质的影响

Table 4 Effects of fertigation treatments on nutritional quality and yield of grape

处理 Treatment	可溶性固形物 Soluble solids /%	可滴定酸 Titratable acid /%	Vc 含量 Vc content /($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)	花色苷 Anthocyanins /($\text{nmol}\cdot\text{g}^{-1}$)	糖酸比 Acid-sugar ratio /%
W_1F_1	18.47ab	0.58ab	11.53abc	12.69bcde	22.31ab
W_1F_2	18.73a	0.55ab	11.96abc	12.27cde	21.56ab
W_1F_3	18.67a	0.54ab	10.37bc	11.62cde	21.01b
W_2F_1	15.90ab	0.70a	11.58abc	11.18de	22.62ab
W_2F_2	17.47ab	0.69a	12.48abc	12.95bcd	22.45ab
W_2F_3	17.73ab	0.67a	12.22abc	11.22de	21.47ab
W_3F_1	16.87ab	0.68a	13.02ab	15.03a	23.29a
W_3F_2	17.90ab	0.60ab	14.34a	14.63ab	22.90ab
W_3F_3	17.00ab	0.59ab	10.59bc	13.63abc	22.61ab
W_4F_1	15.47b	0.47ab	9.70c	12.68bcde	23.01a
W_4F_2	17.93ab	0.43b	11.67abc	12.64bcde	22.19ab
W_4F_3	17.60ab	0.43b	9.75c	10.59e	22.36ab

表 5 水肥对葡萄产量与水肥利用率的影响

Table 5 Effects of fertigation treatments on yield and water and fertilizer use efficiency of grape

处理 Treatment	灌溉定额 Total irrigation quota /($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	水分利用效率 WUE /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	水分生产率 Water productivity /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	氮肥偏生产力 PFPN /($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	磷肥偏生产力 PEPP /($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	钾肥偏生产力 PEPK /($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	产量 Yield /($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
W ₁ F ₁	3259	7.48	5.29	107.55	322.67	387.18	24381.00b
W ₁ F ₂	3259	6.51	4.53	131.07	393.24	471.83	21223.06ab
W ₁ F ₃	3259	5.13	3.53	171.99	516.03	619.08	16709.03ab
W ₂ F ₁	2989	10.00	7.47	131.79	395.38	474.43	29874.67ab
W ₂ F ₂	2989	9.26	6.73	171.00	513.04	615.58	27688.75ab
W ₂ F ₃	2989	8.92	6.37	274.50	823.58	988.05	26667.48ab
W ₃ F ₁	2362	16.48	9.79	171.77	515.32	618.35	38937.68ab
W ₃ F ₂	2362	13.26	7.86	193.38	580.17	696.12	31311.57ab
W ₃ F ₃	2362	11.67	6.87	283.83	851.56	1021.62	27573.62a
W ₄ F ₁	1622	17.11	12.65	122.42	367.28	440.71	27751.81ab
W ₄ F ₂	1622	17.06	11.77	170.91	512.77	615.25	27674.00ab
W ₄ F ₃	1622	16.51	10.27	275.61	826.93	992.06	26775.83ab

3 讨论与结论

葡萄粒径大小作为表观品质,也是一项重要的商品品质,灌水水平及水肥耦合效应对设施红地球葡萄粒径和果型指数影响显著,适度的水分亏缺和适量的施肥可以增加葡萄单粒重。而杨红^[16]研究表明,辣椒果肩宽和单果鲜重随施肥量的增加先增大后减小,随水分的亏缺逐渐变小,这可能是与作物种类不同有关。

隋岩等^[17]等研究表明适当减少灌水量和增加肥料用量可提高设施草莓的内在品质。王军等^[18]研究表明,水肥交互作用对甜瓜的维生素 C、可溶性固形物、还原糖含量无显著影响。本试验研究表明,以肥调水可以削弱灌水量多不利于糖分积累这一不利因素,从而导致丰水水平下,可溶性固形物含量较高,适当的水分亏缺和施肥量增加,可改善红地球葡萄的各项营养指标,但水分亏缺程度达到一定程度后,糖酸比开始下降,肥料达到一定水平后,可溶性固形物、维生素 C、花色苷含量也开始下降。

设施延后栽培葡萄产量随施肥量的增加而增加,随水分亏缺程度的加强呈先增大后减小的趋势,丰水水平下,施肥量的增加可使植株长势旺盛,枝条和叶片增多,从而减少地面蒸发,增加了水分利用效率和水分生产率,但是由于作物营养生长和光合作用需要大量水和肥,从而影响了产量的形成。一定的水分亏缺水平下,施肥能增大气孔阻力,减少蒸腾量,并且能促进植株根系生长,吸收更多的水分和养分供给葡萄果实生长,同时增加了水分和肥料利用

效率。适当的水分胁迫和增加肥料,可提高产量,并使水肥利用效率较高,这与虞娜等^[19]的研究结果一致。

结合葡萄的表观品质、营养品质、产量及水肥利用效率综合考虑,灌水下限为田间持水量的 55% ~ 60%,施肥水平 N、P、K 分别为 161.92、53.97 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 44.98 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,设施延后栽培红地球葡萄产量较高,品质较佳,水肥利用效率较高,是水肥处理最优组合,可实现节水、高产、高品质的目的。

参 考 文 献:

- [1] Neeteson J J, Carton O T, Rahn C. The environmental impact of nitrogen in field vegetable production[J]. Acta Horticulturae, 2001, 563:21-28.
- [2] 刘明池,张慎好,刘向莉. 亏缺灌溉时期对番茄果实品质和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(Z2):92-95.
- [3] 邹洪涛,虞娜,黄毅,等. 节点式 PE 渗灌管灌水效果的研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(5):104-105, 109.
- [4] 谢伟,黄璜,沈建凯. 植物水肥耦合研究进展[J]. 作物研究, 2007, (Z1):541-546.
- [5] 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, 22(1):37-43.
- [6] Mpelasoka B S, Behboudian M H, Mills T M. Effects of deficit irrigation on fruit maturity and quality of 'Braeburn' apple[J]. Sci Hort, 2001, 90(3/4):279-290.
- [7] 董国锋,成自勇,张自和,等. 调亏灌溉对苜蓿水分利用效率和品质的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5):201-203.
- [8] Santos T P, dos Lopes C M, Rodrigues M L, et al. Effects of deficit irrigation strategies on cluster microclimate for improving fruit composition of Moscatel field-grown grapevines[J]. Scientia Horticulturae, 2007, 112:321-330.

- 土保持通报,2007,27(1):122-125.
- [8] 何三强,石春太,陈昕,等.盐池扬黄灌区土壤次生盐渍化发生现状及对策[J].宁夏农林科技,2004,(2):39-40.
- [9] 马红彬,谢应忠.宁夏中部干旱带草地生态农业体系建设研究[J].干旱地区农业研究,2011,29(2):180-184.
- [10] 彭红春,李海英,沈振西,等.利用人工种草改良柴达木盆地弃耕盐碱地[J].草业学报,2003,12(5):26-30.
- [11] 赵银,柴琦,陈盈盈,等.盐渍化土壤改良措施的作物生产效应[J].草业科学,2009,26(4):55-58.
- [12] 李彬,王志春,孙志高,等.中国盐碱地资源与可持续利用研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(2):154-158.
- [13] 任崑,罗廷彬,王宝军,等.新疆生物改良盐碱地效益研究[J].干旱地区农业研究,2005,22(4):211-214.
- [14] 杜连凤,刘文科,刘建玲.三种秸秆有机肥改良土壤次生盐渍化的效果及生物效应[J].土壤通报,2005,36(3):309-312.
- [15] Marathe R A, Bharambe P R, Sharma R, et al. Soil properties of Vertisol and yield of sweet orange (*Citrus sinensis*) as influenced by integrated use of organic manures, inorganic and bio-fertilizers[J]. Indian journal of agricultural sciences, 2009,79(1):3-7.
- [16] 刘虎俊,王继和,杨自辉,等.干旱区盐渍化土地工程治理技术研究[J].中国农学通报,2005,21(4):329-333.
- [17] 王晓娟,贾志宽,梁连友.不同有机肥量对旱地玉米光合特性和产量的影响[J].应用生态学报,2012,23(2):419-425.
- [18] 徐萌,张玉龙,黄毅,等.秸秆还田对半干旱区农田土壤养分含量及玉米光合作用的影响[J].干旱地区农业研究,2012,30(4):153-156.
- [19] 高飞,贾志宽,路文涛,等.秸秆不同还田量对宁南旱区土壤水分,玉米生长及光合特性的影响[J].生态学报,2011,31(3):777-783.
- [20] Singh B, Malhi S S. Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment[J]. Soil and Tillage Research, 2006,85(1):143-153.
- [21] 苑玉凤.正交试验结果的分析[J].统计与决策,2006,(5):138-139.
- [22] 葛莹,常杰,陈增鸿,等.青冈(*Quercus glauca*)净光合作用与环境因子的关系[J].生态学报,1999,19(5):683-688.
- [23] 杨玉玲,刘文兆,王俊,等.配施钾肥,有机肥对旱地春玉米光合生理特性和产量的影响[J].西北农业学报,2009,18(3):116-121.
- [24] 张岁岐,山仑.植物水分利用效率及其研究进展[J].干旱地区农业研究,2002,20(4):1-5.

(上接第 195 页)

- [9] Gelly M, Recasens I, Girona J, et al. Effects of stage II and postharvest deficit irrigation on peach quality during maturation and after cold storage[J]. Journal of the science of food and agriculture, 2004, 84(6):561-568.
- [10] 程福厚,李绍华,孟昭清,等.调亏灌溉条件下鸭梨营养生长、产量和果实品质反应的研究[J].果树学报,2003,20(1):22-26.
- [11] 于红梅,李子忠,龚元石.传统和优化水氮管理对蔬菜地土壤氮素损失与利用效率的影响[J].农业工程学报,2007,23(2):54-59.
- [12] 陈日远,刘厚诚,宋传珍,等.氮素营养对芥蓝生长和品质的影响[J].农业工程学报,2005,21(Z2):143-146.
- [13] 高俊凤.植物生理学试验技术[M].西安:世界图书出版公司,2000.
- [14] 朱云娜,王中华,张治平,等.金雀异黄素和环鸟苷酸调控离体葡萄果实花青苷积累[J].园艺学报,2010,37(4):517-524.
- [15] 刘润海,范茂攀,汤利,等.云南省水稻生产中肥料偏生产力分析[J].云南农业大学学报,2012,27(1):117-122.
- [16] 杨红.水肥耦合对辣椒生长发育和品质的影响[D].贵阳:贵州大学,2008.
- [17] 隋岩,冯志文,王翠玲,等.水肥耦合对设施草莓生长、产量品质及水分利用效率的影响[J].山东农业大学学报(自然科学版),2011,42(3):369-375.
- [18] 王军,黄冠华,郑建华.西北内陆旱区不同沟灌水肥对甜瓜水分利用效率和品质的影响[J].中国农业科学,2010,43(15):3168-3175.
- [19] 虞娜,张玉龙,黄毅,等.温室滴灌施肥条件下水肥耦合对番茄产量影响的研究[J].土壤通报,2003,34(3):179-183.