

氮素调控对甘肃静宁长期覆沙 苹果园果实品质的影响

刘小勇¹,任 静¹,孔 芬¹,韩富军¹,彭 海¹,
李建明²,李 强²,贾军平³,温有福³

(1.甘肃省农业科学院林果花卉研究所,甘肃 兰州 730070;2.静宁县果树果品研究所,甘肃 静宁 743400;
3.静宁县果业服务中心,甘肃 静宁 743400)

摘 要:为探明旱地苹果不同耕作方式下适宜的施氮量,研究不同氮素水平对果实品质的影响。选择黄土高原地区长期覆沙苹果园,采用裂区试验设计方法,主区为覆沙(SM)与清耕(CT)2个处理,副区为5个氮素水平,每株施氮量分别为0(N1)、109 g(N2)、218 g(N3)、327 g(N4)和436 g(N5),配施等量的磷(P_2O_5 ,145 g)、钾(K_2O ,87 g)和商用有机肥6.5 kg。结果表明:(1)果园覆沙能显著提高苹果单果重、果实纵径、横径、硬度和可溶性固形物含量,比清耕分别平均提高15.3%、4.1%、5.6%、3.5%和1.8%;改善果实着色程度,果实背阴面a*、C*和FCI值分别提高了55.1%、18.5%和15.1%,覆沙苹果果实更鲜红。(2)随着施氮量的增加,苹果单果重、果实纵横径增大,果实向阳面硬度降低,果形指数、可溶性固形物、总糖、Vc含量均呈升-降的变化特征。适量施氮有利于苹果果形指数、总糖、有机酸和Vc含量以及向阳面可溶性固形物的提高。综合分析得出,施氮量为N3(179.85 kg·hm⁻²)时,果实品质最优。(3)覆沙处理贮藏期果实硬度和可溶性固形物含量维持在较高水平,保持了果实阴面红色度,FCI较清耕提高23.6%;果实贮藏品质的变化规律和程度随耕作方式和施氮量而变化,冷藏90d后,不同处理果实总糖含量提升2.47~3.29倍,Vc含量和有机酸含量则分别降低55.7%~82.7%、18.2%~50.3%;低温贮藏减弱或降低了施氮量和耕作方式对果实有机酸、Vc含量以及阴面硬度的影响。果园覆沙能显著改善果实品质,适量施氮有利于果实品质的提高,黄土高原旱地覆沙果园最佳施氮量为218 g·株⁻¹。

关键词:氮水平;苹果;品质;果实色度;长期覆沙

中图分类号:S661.1;S143.1 **文献标志码:**A

Effects of nitrogen regulation on fruit quality of long-term sand-covered apple orchard in Jingning, Gansu Province

LIU Xiaoyong¹, REN Jing¹, KONG Fen¹, HAN Fujun¹, PENG Hai¹,
LI Jianming², LI Qiang², JIA Junping³, WEN Youfu³

(1. Institute of Fruit and Floriculture of Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, Gansu 730070, China;
2. Fruit Tree Institute of Jingning County, Jingning, Gansu 743400, China;
3. Jingning County Fruit Industry Service Center, Jingning, Gansu 743400)

Abstract: The objectives of this experiment were to explore the appropriate amount of nitrogen application under different tillage methods for apples in dry land and to study the effects of different nitrogen levels on fruit quality in order to provide the basis for accurate nitrogen application. The split-plot experiment design method was adopted in the long-term sand-covered apple orchard on the Loess Plateau. The main test area was sand-covered (SM) and clear tillage (CT), and five nitrogen levels were applied in the test secondary area. The nitrogen application rates of each apple trees were 0 (N1), 109 g (N2), 218 g (N3), 327 g (N4) and 436 g (N5) respectively while the equal amounts of phosphorus (P_2O_5 , 145 g), potassium (K_2O , 87 g) and commercial organic fertilizer 6.5 kg

were applied. (1) The fruit weight, vertical and horizontal diameter, firmness and soluble solid content were significantly increased in the sand-covered orchard. Compared with clear tillage, the average increase was 15.3%, 4.1%, 5.6%, 3.5% and 1.8%, respectively. The fruit coloration was improved with brighter and redder fruits. The values of A*, C* and FCI on the shady side of fruit were increased by 55.1%, 18.5% and 15.1% more than that of clear tillage, respectively. (2) With the increase of nitrogen application rate, the fruit weight and vertical and horizontal diameter were increased. The fruit shape index, soluble solids, total sugar and Vc contents showed a change trend of rising first and then falling. The hardness in the fruit sunny side was decreased. An appropriate supply of nitrogen promoted the fruit shape index increased and the improvement of contents of the total sugar, organic acid and Vc and the soluble solids in the sunny side of apple. According to the comprehensive analysis, the fruit quality was the best when N application rate was N3 (179.85 kg · hm⁻²). (3) Sand covering maintained the fruit hardness and soluble solid content at the storage stage. It also maintained the chroma of fruit shady side, and increased FCI index. The degree and change regularity of fruit quality in storage were different with different tillage methods and nitrogen application rates. After 90 days of cold storage, the total sugar content of the fruit was significantly increased by 2.47~3.29 times while the contents of Vc and organic acids were significantly decreased by 55.7%~82.7% and 18.2%~50.3%, respectively as comparing with the clean orchard. Low temperature storage weakened the effects of nitrogen application rate and tillage method on organic acid, Vc content and shade hardness of fruits. Sand mulching in orchard significantly improved fruit quality. The appropriate nitrogen application was beneficial to fruit quality. The optimal N application rate of a tree was 218 g · plant⁻¹ in the dry area of Loess Plateau.

Keywords: nitrogen level; apple quality; fruit surface color; sand mulching for a long time

干旱是影响我国北方地区果树生长发育的主要因素之一。地面覆盖较好地解决了果园春夏干旱缺水等实际问题,在旱区果园水肥高效利用、提高果实产量和改善品质等方面具有显著效果^[1-2]。作为旱区果园有效的土壤覆盖方式,覆沙与其它覆盖物一样具有保墒、增温和改善树体生长、提高果品质量等积极作用^[3],在旱作区苹果高效生产和可持续发展中发挥着重要作用。

在果树生长发育的诸多影响因素中,矿质营养对提高果实产量、改善果实品质的作用很大。其中,氮素营养对果树器官建造、物质代谢、生化过程、果实产量和品质的形成具有不可替代的作用^[4]。研究表明,施氮量、施氮时期均显著影响作物产量和品质,且在一定范围内,随着施用量的增加,影响作用增强^[5];过量施氮则会导致树体营养生长过旺、果实品质下降等^[6]。在生产实践中,盲目施氮和过量施氮现象严重,对甘肃陇东地区苹果园施肥情况的调查结果表明,氮肥施用量高达600~900 kg · hm⁻²,远高于国外苹果主产区^[7],而土壤中全氮含量仍处于较低水平(0.54~1.0 g · kg⁻¹)^[8],说明氮素利用效率低,氮素营养损失严重^[9]。

地面覆盖有益于提高干旱地区果园土壤肥料利用效率、减少氮素损失^[10],对苹果树的生长发育具有促进作用^[11-12]。与清耕制果园相比,果园覆草可提高土壤氮含量23.3%^[13]。合理施氮对提高覆

沙苹果园土壤酶活性、促进氮素吸收、改善果实品质等方面具有显著作用^[14]。本文以甘肃苹果主产区陇东地区长期覆沙苹果园为研究对象,通过不同氮素调控,探寻覆沙下氮素水平对苹果产量和品质的影响,旨在筛选出最佳施氮量和施肥方法。对比分析覆沙果园和常规清耕园苹果果实色度变化特征,为黄土高原地区苹果园精准施氮、合理耕作提供依据和指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地选在甘肃省静宁县治平乡雷沟村山台地覆沙苹果园,以清耕园为对照,试验果园面积1 500 m²,供试品种为成纪1号,砧木为山定子(*M. beccata* Borkh),定植株距3.0 m,行距4.0 m,每667 m²栽植55株。试验园常规施肥以大三元复合肥(N:P:K=28:10:7,三门峡龙飞生物工程有限公司生产)为主,每年施肥两次,每株约4 kg,基本不施其他化肥和有机肥。试验果园属山旱地雨养区,有补充灌溉条件,但灌溉成本较高,正常年份不进行灌水。近三年平均产量保持在3 500 kg · 667m⁻²以上。果园管理精细,果实品质良好。覆沙园位于35°16.539'N, 105°38.585'E,海拔1 540 m,2000年春季幼树栽植完成后,在全园地表均匀铺设一层细河沙,厚度约5 cm,以后每5 a左右更换新沙

一次,最近 1 次换沙时间是 2015 年。清耕园位于 35°16.477'N,105°38.559'E,海拔 1 522 m,与覆沙园临近,为同一农户管理,栽培管理水平与技术方法相同。

1.2 试验设计

采用裂区试验设计方法,主区为两种耕作方式:覆沙(SM)和清耕(CT);副区为 5 个氮素水平:每株施用量分别为 0(N1)、109 g(N2)、218 g(N3)、327 g(N4)和 436 g(N5),配施等量的磷(P₂O₅, 145 g)、钾(K₂O, 87 g)和有机肥 6.5 kg。氮磷钾配比按照 1.5:1.0:0.6 计算,其比例及用量是在当地常规施肥基础上,结合我们前期研究结果确定。氮肥分别于 3 月下旬、6 月初和 9 月中旬分 3 个时期按照 4:4:2 比例施入,钾肥同时按照 2:4:4 比例分 3 次施入,磷肥和有机肥于 9 月中旬第三次施肥时一次性施入。单株重复 3 次,共 30 株,其中覆沙、清耕处理各 15 株。处理间设置隔离株和保护行。试验于 2016 年布置,2017—2018 年进行重复试验。

试验用氮、磷、钾肥分别为尿素(含 N 46.4%,宁夏银川石化分公司生产)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%,湖北宜化化工股份有限公司生产)和硫酸钾(含 K₂O 51%,湖北宜化化工股份有限公司生产),有机肥总养分 ≥5%、有机质 45%(静宁县辰宇生态农业开发有限公司生产)。试验处理及施肥量见表 1。

表 1 试验设计

Table 1 Test design

处理 Treatment	施肥量/(g·株 ⁻¹) Fertilization amount/(g·plant ⁻¹)				备注 Note
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	有机肥 Organic fertilizer	
T1	0	145	87	6500	一级因子 Primary factor
T2	109	145	87	6500	覆沙/清耕
T3	218	145	87	6500	Sand mulching/clean tillage
T4	327	145	87	6500	二级因子(N 水平)
T5	436	145	87	6500	Secondary factor (N application level)

1.3 采样与测定

于果实成熟期进行采样,每个处理均选择树冠外沿东南方向、1.5~2.0 m 高度的正常发育果实 60 个,将采收的果实随机分成两组,每组 30 个,第一组于采收后即进行各项指标的测定,第二组存放于当地冷库(0±1)℃,于 90 d 后进行测定。单果重用电子天平(0.1 g)测定;果实纵横径用数显卡尺(0~200 mm,0.01 mm)测量,计算出果形指数(纵径/横径);果实硬度和可溶性固形物分别用 GY-1 型果实硬度计(0.1 kg·cm⁻²)和数显手持测糖仪(0.1%)测定;可滴定酸、Vc 含量和总糖含量分别采用 NaOH 滴定法、2,6-二氯酚靛酚滴定法和蒽酮比色

法测定;果实水分含量用烘干法测定。

2019 年果实成熟期从覆沙园和清耕园各选取果实 50 个,采样部位和方法同上。于采收期和冷库贮藏 180 d 后分别测定果实色度变化值。果实色度用 CHROMA METER CR-400 便携式手持色度计(KONICA MINOLTA, INC. JAPAN)测定,分别测定每个果实的向阳面和背阴面,测出 L*、a* 和 b* 值。计算出果实色泽饱和度 C* (Chroma)^[15]、色度角 h° (hue angle)^[16] 和果实颜色指数 FCI (Fruit color index)^[17]。L* 值表示果实颜色亮度(L* = 100 为白色, L* = 0 为黑色);a* 正值表示红色度、负值表示绿色程度;b* 正值表示黄色度、负值表示蓝色程度。

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h^\circ = \arctangent b^*/a^*$$

$$FCI = (180 - h^\circ) / (L^* + C^*)$$

1.4 数据分析

试验结果用 Microsoft Excel 2010 统计,采用 spss 21.0 软件进行数据分析。

2 结果与分析

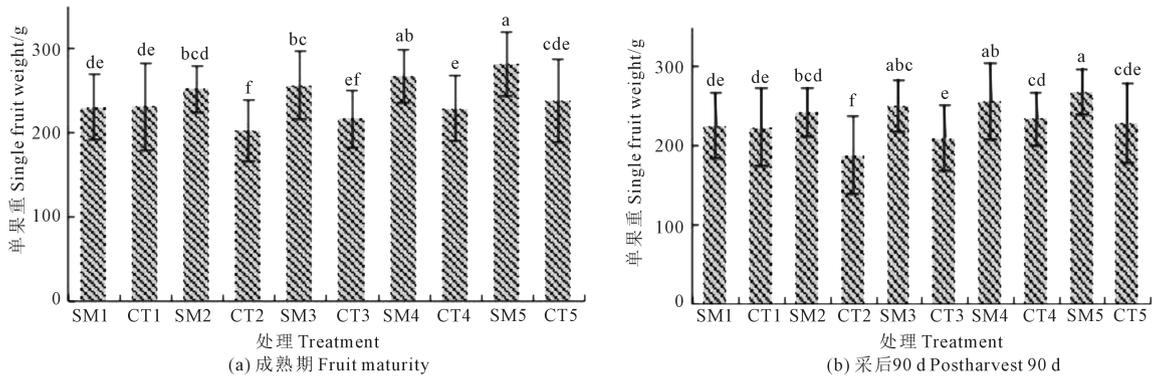
2.1 不同处理苹果平均单果重变化

由图 1 可见,两种耕作方式相同施氮量下,覆沙各处理平均单果重显著高于清耕,而不施氮处理二者间差异不显著。不同处理均表现随着施氮量的增加单果重增加,SM5 最高、SM4 次之,CT2 最低。覆沙处理少量施氮(N2)与不施氮(N1)单果重差异不显著,N3 施氮量,单果重较 N1 显著增加,当施氮量达到 N5 时,单果重最高且显著高于 N3。与不施氮相比,清耕处理 N2 果实重量显著降低,随着施氮量增加,果实重量增加不显著,但当施氮量达到 N5 时,显著高于 N2,而与 N1 差异不显著。

冷藏 90 d 后,不同处理果实重量均有不同程度降低,相同施氮量覆沙各处理仍显著高于清耕处理,覆沙处理间 N3 与 N5 和 N4 差异不显著,说明 N3 施氮量有利于减小果实冷藏过程中重量损失。清耕各处理冷藏期果实重量变化趋势与成熟期一致,即随着施氮量增加单果重增大。

2.2 不同处理苹果果形指数变化

相同施氮量覆沙处理果实纵横径均显著高于清耕处理,二者果形指数差异不显著。两种耕作方式不施氮条件下果实纵横径和果形指数差异均不显著。随着施氮量的增加,不同处理果实纵径和横径呈增大的变化趋势,果实体积增大;果形指数则呈增加-减少的变化特征。覆沙处理 N3 果形指数显



注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),下同。

Note: Different lowercase letters mean significant differences ($P<0.05$). The same as below.

图1 不同处理苹果平均单果重

Fig.1 Average apple single fruit weight of different treatments

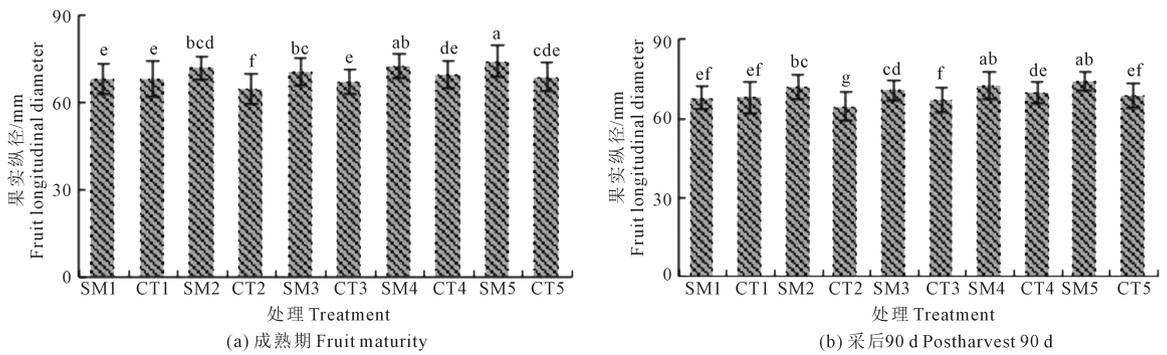


图2 不同处理苹果纵径

Fig.2 Apple longitudinal diameter of different treatment

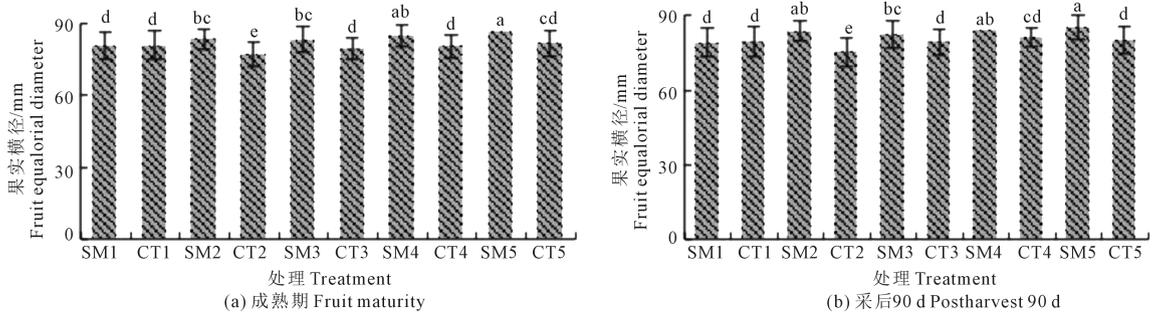


图3 不同处理苹果横径

Fig.3 Apple equatorial diameter of different treatment

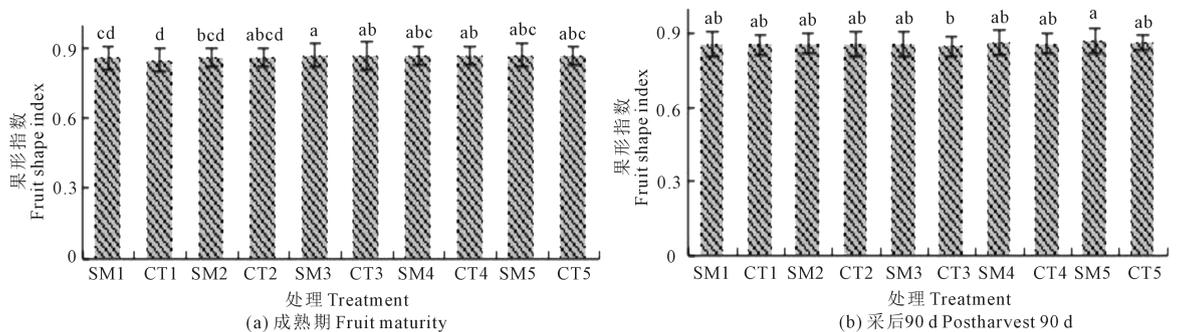


图4 不同处理苹果果形指数

Fig.4 Apple fruit shape index of different treatment

著高于 N1 和 N2,但与 N4 和 N5 差异不显著,而清耕处理 N3 和 N4 显著高于 N1,与 N2 和 N5 差异不显著。结果表明,适量施氮有利于果形指数的提高(图 2~4)。

果实冷藏 90 d 后,不同处理果实纵径、横径和果形指数稍有降低,相同施氮量覆沙处理显著高于清耕处理,与成熟期果实一致。覆沙处理间、清耕处理间不同施氮量果形指数差异均不显著。

2.3 不同处理苹果硬度变化

由图 5 可见,苹果果实向阳面硬度随着施氮量的增加而降低,SM2 最高,CT5 最低,少量施氮能显著提高果实硬度。不施氮处理和 N2、N3 和 N4 水平下,覆沙与清耕果实硬度差异不显著,而当施氮量达到 N5 时,覆沙处理显著高于清耕,说明果园地面覆沙提高了氮素利用效率^[12],将多余的氮素吸收利用,从而减轻了过量氮素对果实硬度的影响。果实冷藏 90 d 后,覆沙各处理果实硬度均显著高于清耕处理,而施氮量对果实硬度的影响作用减弱,覆沙

处理不同氮量间差异不显著,而清耕处理间果实硬度随施氮量增加有增大趋势。

由图 6 可见,苹果果实背阴面硬度随施氮量呈下降-上升的变化趋势,不施氮或较少施氮情况下,清耕处理果实硬度高于覆沙,而随着施氮量增大至 N3 时,覆沙处理显著高于清耕,说明在高氮情况下,覆沙处理更有利于氮素营养的吸收利用,保持果实硬度。果实冷藏 90 d 后,不同处理果实硬度随施氮量增加呈增加趋势,相同施氮量覆沙处理果实硬度显著高于清耕;地面覆沙有利于果实硬度的增加。

综合分析向阳面和背阴面果实硬度变化特征,不同处理间差异显著(图 7)。在氮量较小情况下,清耕处理果实硬度显著高于覆沙,随着施氮量增加至 N4 时,二者趋于一致,当施氮量至 N5 时,覆沙处理高于清耕。果实冷藏 90 d 后,覆沙各处理果实硬度均显著高于清耕。随着施氮量增加,覆沙园呈降-升特征,而清耕园呈升-降特征。

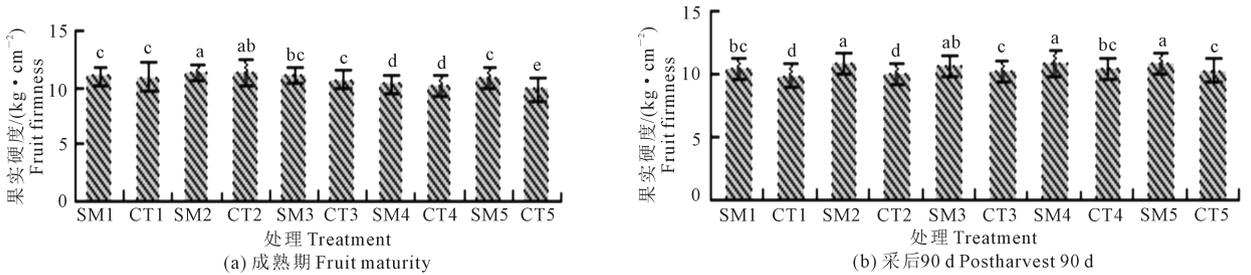


图 5 不同处理苹果阳面硬度

Fig.5 Hardness of the sunny side of apple under different treatment

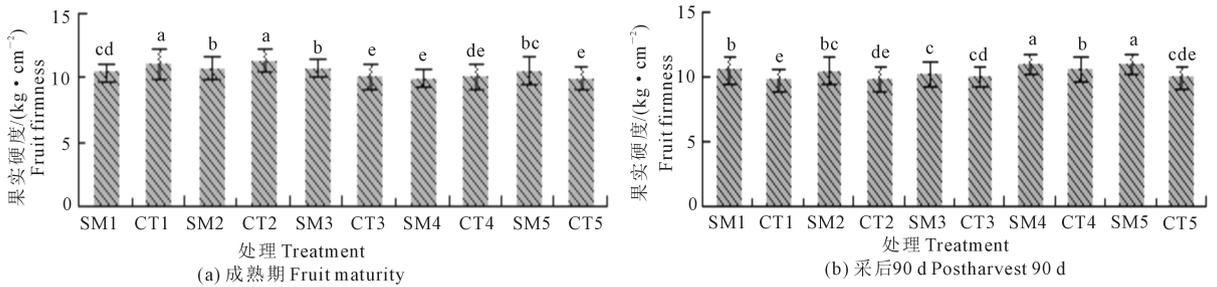


图 6 不同处理苹果阴面硬度

Fig.6 Hardness of the dark side of apple under different treatment

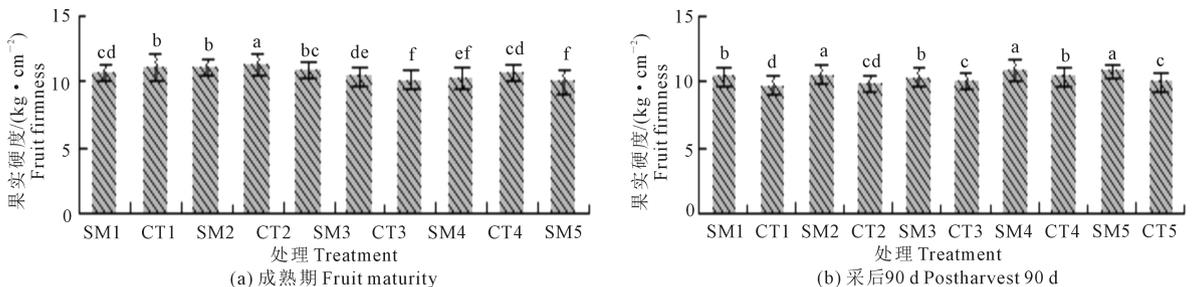


图 7 不同处理苹果平均硬度

Fig.7 Average hardness of apple under different treatment under different treatment

2.4 不同处理苹果可溶性固形物含量变化

适量施氮,有利于苹果向阳面可溶性固形物含量的提高,CT3 显著高于其他处理,而 CT5 最低,说明在清耕条件下适量施氮有利于果实可溶性固形物的积累,而当施氮量达到 N5 时,可溶性固形物含量则显著降低(图 8~9)。覆沙和清耕处理果实向阳面可溶性固形物含量随着施氮量增加而呈升-降的变化特征,不施氮或少量施氮覆沙处理高于清耕,当施氮量至 N3、N4 时,覆沙处理低于清耕,当施氮量达到 N5 时,二者没有显著差异。果实冷藏 90 d 后,不同处理果实可溶性固形物含量随施氮量增加仍表现为先升后降的特征,覆沙处理 N4 氮量时为最大值,而清耕处理 N3 时最大;在 N3 氮量下,覆沙和清耕差异不显著,而其他氮量下覆沙处理均显

著高于清耕。

果实背阴面可溶性固形物含量与向阳面变化特征相同,即随着施氮量增加,可溶性固形物含量也表现为先升后降的特征,CT3 最高、CT5 最低;不施氮和 N5 施氮量均为覆沙处理高于清耕,而 N3 处理清耕高于覆沙。果实冷藏 90 d 后,除 N3 氮量二者差异不显著外,其余处理覆沙均显著高于清耕(图 9)。

综合分析果实向阳面和背阴面可溶性固形物含量(图 10),不施氮覆沙处理显著高于清耕园,而 N3 和 N4 下清耕显著高于覆沙,其他氮量下二者差异不显著。果实冷藏 90 d 后,这种规律发生了变化,除 N3 下二者差异不显著外,其余各处理均表现为覆沙园大于清耕园。说明地面覆沙有利于降低苹果果实可溶性固形物的流失。

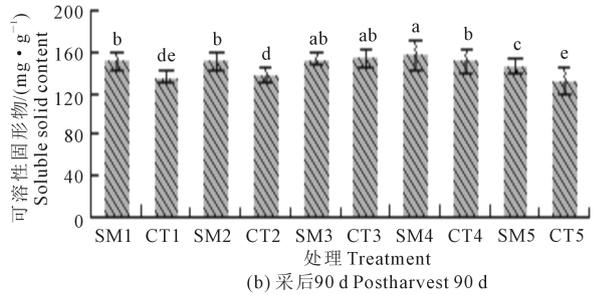
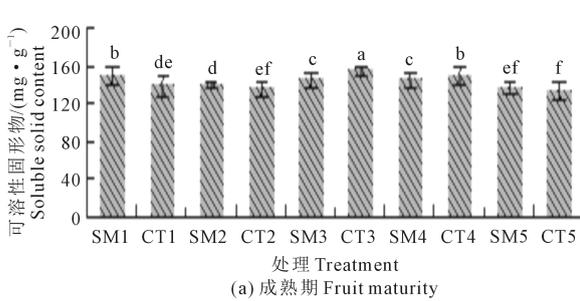


图 8 不同处理苹果阳面可溶性固形物含量

Fig.8 Soluble solid content of the sunny side of apple under different treatment

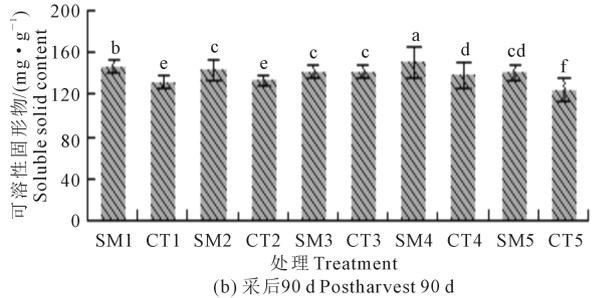
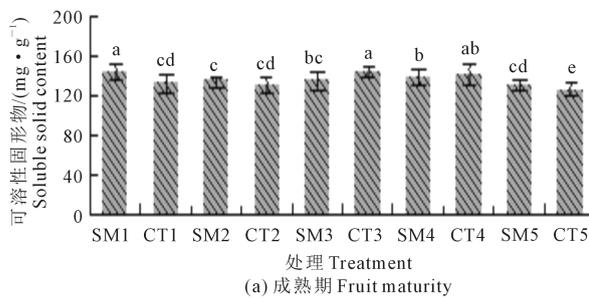


图 9 不同处理苹果阴面可溶性固形物含量

Fig.9 Soluble solid content of the dark side of apple under different treatment

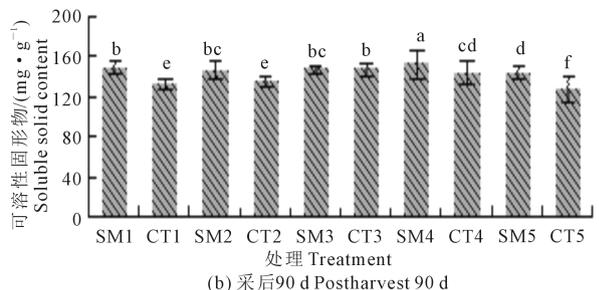
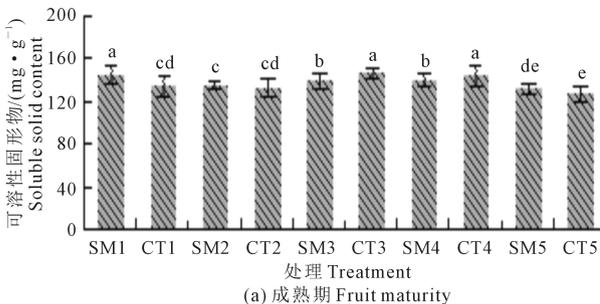


图 10 不同处理苹果平均可溶性固形物含量

Fig.10 Average soluble solid content of apple under different treatment

2.5 不同处理苹果总糖、有机酸和 Vc 含量变化

不同施氮量和土壤耕作方式均对苹果总糖、有机酸和 Vc 含量等品质产生影响。由表 2 可见, 适量施氮有利于提高苹果总糖、有机酸和 Vc 含量, 覆沙果园这种效应尤为明显。果实总糖和 Vc 含量均以 SM3 最高、CT3 最低, 而有机酸含量 CT3 最高、SM5 次之。随着施氮量的增加, 总糖含量呈先增加再降低特征, 但这种变化并不十分规律。两种土壤耕作方式下, 不施氮和 N2 的总糖和 Vc 含量差异均不显著, 但随着施氮量的增加, 其含量呈上升-降低的特征, 覆沙和清耕处理施氮量分别至 N3 和 N4 时达到最高, 清耕园达到峰值需要更多氮量。果实有机酸含量随着施氮量的增加不同耕作方式表现不同, 覆沙处理呈增加趋势, N5 时最高, 但处理间差异不显著; 而清耕园呈先升后降趋势, N3 时最高。各处理果实水分含量差异不显著。

冷藏 90d 后, 不同处理果实总糖含量大幅度提升, 增幅达 2.47~3.29 倍; 果实中 Vc 含量和有机酸含量则大幅度降低, 分别降低 55.7%~82.7% 和 18.2%~50.3%。总糖含量 SM2 增幅最大、CT1 最小, Vc 含量 CT2 降幅最大、CT5 最小, 有机酸含量为 CT1 降幅最大、SM1 最小。随着施氮量增加, 覆沙处理总糖含量呈先升后降特征, N3 水平最高, 而清耕处理呈增大趋势, N5 最高; 相同施氮量覆沙处理显著高于清耕, 但二者 N5 水平差异不显著。Vc 含量随施氮量增加而增大, N5 时最大; 当施氮量较低时, 覆沙处理高于清耕, 当施氮量达到 N4、N5 时, 二者差异不显著。覆沙和清耕处理有机酸含量均随施氮量增加而增加, 但其增幅逐渐降低, 当氮量达到 N2 及以上时, 二者差异不显著。

2.6 覆沙条件下苹果果皮色度的变化特征

果皮色度包括果实的亮度 (L^*)、红色度 (a^*)

和黄色度 (b^*), 由此可计算出果实色泽饱和度 (C^*)、色度角 (h°) 和果实颜色指数 (FCI) 等, 果皮色度是影响苹果外观品质的主要指标之一, 不同耕作方式影响了苹果果实色度变化。

成熟期两种耕作方式比较: 果实向阳面 L^* 、 a^* 、 b^* 值及 C^* 、 h° 和 FCI 等值差异均不显著; 而果实背阴面覆沙处理的 a^* 值及 C^* 、FCI 值极显著、显著高于清耕, L^* 和 b^* 值显著、 h° 值极显著低于清耕, 说明覆沙提高了果实背阴面红色度、色泽饱和度和果实颜色指数, 降低了果实阴面和阳面色度差异, 使果面着色更加均匀一致。同时果园覆沙增大了果实阳面 L^* 值范围及变异系数, 降低了 a^* 和 b^* 值范围及变异系数, 覆沙果实背阴面 a^* 和 b^* 值显著降低, 因此降低了其红色和黄色度个体差异, 使苹果个体间色度更加整齐一致。果实色泽饱和度和颜色指数越高, 表明果实越鲜艳; 而果实色度角越小, 表示果实颜色越红。因此, 覆沙苹果果实颜色比清耕果实更鲜红 (表 3)。

果实向阳面和背阴面色度比较: 果实向阳面 a^* 值及 C^* 、FCI 等指标极显著高于果实背阴面, 而 L^* 、 b^* 值及 h° 值则极显著低于背阴面 (表 3)。说明果实向阳面接受更多的阳光, 其色度比背阴面更加鲜红。试验表明, 果实向阳面 L^* 值的变异系数与背阴面相差不大, 而 a^* 和 b^* 值变异系数显著小于背阴面。

贮藏 180 d 后, 两种耕作方式比较: 果实向阳面覆沙处理的 L^* 、 a^* 和 b^* 值以及 C^* 、 h° 和 FCI 值与清耕处理差异均不显著; 而覆沙果实背阴面的 a^* 值和 FCI 显著高于清耕, L^* 、 b^* 和 h° 值显著低于清耕, 二者 C^* 值差异不显著 (表 4)。

果实向阳面和背阴面色度比较: 果实向阳面 a^* 和 FCI 值极显著高于背阴面, 而 L^* 、 b^* 值及 h° 极显著低于背阴面, 二者 C^* 值差异不显著。果实向

表 2 不同处理苹果总糖、有机酸、Vc 含量变化

Table 2 Changes of total sugar, organic acid and Vc content in apple under different treatment

处理 Treatment	成熟期 Fruit maturity			采后 90 d Postharvest 90 d		
	总糖/(mg·g ⁻¹) Total sugar	有机酸/(mg·100g ⁻¹) Organic acids	Vc /(mg·100g ⁻¹)	总糖/(mg·g ⁻¹) Total sugar	有机酸/(mg·100g ⁻¹) Organic acids	Vc /(mg·100g ⁻¹)
SM1	220.43±12.85c	1.32±0.07d	31.82±4.65d	575.43±12.56f	1.08±0.07bc	6.90±0.58de
CT1	217.00±10.86cd	1.71±0.09abc	27.98±9.91d	535.89±19.19g	0.85±0.09d	6.52±1.44e
SM2	216.66±14.84cd	1.51±0.16abcd	36.52±1.33cd	713.06±12.94bc	0.80±0.02de	9.59±0.88c
CT2	220.43±18.03c	1.74±0.22ab	32.20±3.45d	650.07±8.16e	0.90±0.03d	5.56±0.88e
SM3	247.65±6.91a	1.63±0.13abc	53.28±4.65a	742.64±25.01a	1.17±0.06ab	14.95±1.73a
CT3	195.04±10.18d	1.80±0.26a	34.95±1.15cd	640.32±17.28e	1.11±0.02ab	11.65±1.20b
SM4	256.12±5.32a	1.65±0.08abc	49.07±5.90ab	734.49±2.40ab	1.21±0.06a	12.63±1.00ab
CT4	244.68±19.13ab	1.45±0.14bcd	42.17±1.76bc	683.18±17.28d	1.13±0.03ab	11.69±1.20b
SM5	233.24±11.55abc	1.78±0.21a	47.53±4.79ab	690.73±13.26cd	1.22±0.04a	16.29±0.88a
CT5	223.86±9.84bc	1.43±0.08cd	33.73±2.39cd	706.42±16.62cd	1.14±0.12ab	14.95±0.58a

阳面L*和b*值的变异系数与背阴面相差不大,而a*值变异系数显著小于背阴面。对比成熟期,果实存放180 d后,不同耕作方式及阴面和阳面的L*和

a*值均为降低趋势,而b*值升高幅度较大。低温贮藏一定程度上减弱了不同栽培措施和果实阴阳面色度的差异。

表3 不同耕作方式下成熟期苹果色度变化

Table 3 Variation of apple chromaticity at harvest time under different tillage methods

指标 Index	项目 Item	阳面 Sunny side of fruit		阴面 Dark side of fruit	
		SM	CT	SM	CT
L *	均值 Mean value	45.08±4.05Bc	49.51±2.77Bc	61.07±6.01Ab	67.62±6.02Aa
	最小值 Minimum value	37.34	44.70	55.63	59.04
	最大值 Maximum value	51.93	54.21	76.08	82.52
	变异系数 Coefficient of variation/%	8.99	5.60	9.84	8.90
a *	均值 Mean value	36.33±2.33Aa	35.08±2.51Aa	23.88±7.82Bb	15.40±9.05Cc
	最小值 Minimum value	32.84	30.88	5.81	-4.14
	最大值 Maximum value	39.95	39.29	30.65	27.22
	变异系数 Coefficient of variation/%	6.41	7.15	32.75	58.77
b *	均值 Mean value	11.54±1.63Bc	10.45±2.13Bc	16.45±2.69Ab	19.22±4.10Aa
	最小值 Minimum value	8.51	8.72	13.00	12.94
	最大值 Maximum value	14.64	16.51	21.43	25.92
	变异系数 Coefficient of variation/%	14.16	20.41	16.33	21.32
C *		38.12±1.50Aa	36.61±0.35Aa	29.26±3.21Bb	24.69±1.22Bc
h°		17.61±0.45Cc	16.59±1.73Cc	35.27±9.62Bb	51.46±4.90Aa
FCI		1.95±0.07Aa	1.90±0.03Aa	1.60±0.14Bb	1.39±0.07Bc

注:不同小写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同大写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$),下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference at $P<0.05$ level; different capital letters indicate significant difference at $P<0.01$ level, the same below.

表4 不同耕作方式下采后180 d苹果色度变化

Table 4 Apple chromaticity variation of postharvest 180 days under different tillage methods

指标 Index	项目 Item	阳面 Sunny side of fruit		阴面 Dark side of fruit	
		SM	CT	SM	CT
L *	均值 Mean value	42.47±3.21Bc	44.36±3.44Bc	57.64±5.02Ab	64.38±6.71Aa
	最小值 Minimum value	35.63	38.74	48.85	51.40
	最大值 Maximum value	48.28	51.67	67.11	74.24
	变异系数 Coefficient of variation/%	7.55	7.75	8.70	10.42
a *	均值 Mean value	30.72±2.62Aa	31.15±2.75Aa	17.43±4.95Bb	11.54±6.80Bc
	最小值 Minimum value	24.93	25.29	9.56	2.09
	最大值 Maximum value	33.58	34.58	25.44	24.14
	变异系数 Coefficient of variation/%	8.53	8.84	28.42	58.94
b *	均值 Mean value	17.50±2.52Bc	18.13±3.78Bc	27.64±4.46Ab	33.69±6.76Aa
	最小值 Minimum value	13.54	12.30	21.00	20.94
	最大值 Maximum value	22.81	25.89	34.02	42.17
	变异系数 Coefficient of variation/%	14.40	20.87	16.12	20.05
C *		35.40±0.74Aa	36.06±2.27Aa	32.92±1.07Aa	35.87±2.60Aa
h°		29.69±3.31Bc	30.09±2.81Bc	57.59±8.50Ab	70.68±8.46Aa
FCI		1.93±0.06Aa	1.87±0.11Aa	1.36±0.16Bb	1.10±0.17Bc

3 讨论

3.1 耕作方式对苹果果实品质的影响

不同耕作方式因改变果园土壤环境而对果树生长发育产生影响。覆盖能减少土壤蒸发、增加水分入渗、改善半干旱地区果园的土壤水分环境和苹果产量^[17-18]。研究表明,覆盖提高了苹果园土壤综合肥力指数^[19],具有提高苹果单果重、可溶性固形物和Vc含量、降低果实可滴定酸含量^[20]等诸多作

用。本试验表明,果园覆沙显著提高了苹果可溶性固形物含量,降低了有机酸含量,这与上述结论^[20]一致。覆沙配施氮素显著提高了苹果单果重和果实纵横径,但在不施氮条件下,覆沙与清耕间差异并不显著,这可能与上述试验地气候和土壤条件不同有关。本试验在低氮条件下两种耕作方式间果实阳面硬度没有显著差异,当施氮量达到N5时,覆沙处理显著高于清耕,这可能由于果园覆沙提高了氮素利用效率,将果实多余的氮素吸收利用,从而

减轻了过量氮素对果实硬度的影响;而覆沙同时降低了苹果果实背阴面的硬度,这可能与果实较低浓度的细胞壁钙积累等有关^[21-22],较弱光与覆沙共同作用加速了果实阴面细胞壁钙的吸收转移,降低了果胶甲酯酶(PME)活性,而提高了抗坏血酸含量和相关酶活性^[23],从而降低了果实硬度,本试验也证明,覆沙能提高果实中 Vc 含量,其相互作用机理有待于进一步研究。

果皮颜色是苹果外观质量和商品性的重要指标之一。苹果果皮的颜色是由花青苷决定的,而花青苷的合成受光照、温度和营养等环境因素的影响^[24]。研究表明,合理的树体结构、树体营养水平以及果实着色期铺设反光膜、摘叶和转果等栽培技术措施均会影响果实着色^[25]。本试验结果表明,覆沙处理果实向阳面的 L*、a*、b* 值及 C*、h° 和 FCI 等与清耕差异均不显著,但果实背阴面的 a* 值及 C*、FCI 值极显著、显著高于清耕,而 L* 和 b* 值显著、h° 值极显著低于清耕,说明果园覆沙主要提高了果实背阴面红色度、色泽饱和度和果实颜色指数,减弱了果实阴面和阳面色差,使果面着色更趋于均匀一致。

3.2 氮素水平与果实品质的关系

氮素是果树生长发育最重要的营养元素之一,合理施氮和施氮方式能促进果实的生长发育,显著提高果实可溶性固形物和抗坏血酸含量,降低可滴定酸含量^[26];而过量施氮不仅会导致树体营养生长过度,也会降低果实的品质、影响果实产量^[27]。本试验结果表明,施氮对苹果果实品质的影响作用不同,随着施氮量的增加,苹果平均单果重、纵径和横径增大,从而增大了果实重量和体积;果形指数则随施氮量增加呈“升高-降低”的变化特征,表明过量施氮降低了果形指数;因果实受光程度和光强的影响,导致果实阴阳面硬度变化趋势不同,果实阳面硬度随着施氮量的增加而降低,而背阴面则呈“下降-上升”的变化趋势,这种变化可能与光照强度^[28]、果实酶活性^[29]等对果实硬度的影响有关。其果实氮素积累或吸收特征、相关酶活性与硬度变化的作用机制有待于进一步研究。果实可溶性固形物、有机酸和 Vc 含量随施氮量增加均呈“升-降”的变化趋势;适量施氮,有利于果实可溶性固形物、有机酸和 Vc 含量的增加,而当过量施氮时,其含量又会显著降低,这与相关研究结论^[30]一致。

3.3 贮藏期苹果品质变化

低温贮藏是果实保鲜最有效的方法之一。低温可抑制果实呼吸作用和乙烯的释放,有利于保持

果实生理代谢和营养物质的相对稳定,延缓衰老和腐烂,抑制组织褐变,延长贮藏和货架期^[31]。所以,低温贮藏是保持果实品质,提高经济效益的有效途径。

果实冷藏后,其果皮色度和内在品质均会发生变化。研究表明,冷藏果实内在品质也会发生变化,猕猴桃果实随贮藏期的延长,其可溶性固形物和总糖含量增加^[32],冷藏后果实硬度、有机酸和 Vc 含量显著降低^[31-33]。本试验表明,与成熟期相比,苹果果实 L* 值和 a* 值显著降低,分别降低 4.79% (清耕果实阴面) ~ 10.40% (清耕果实阳面) 和 11.20% (清耕果实阳面) ~ 27.01% (覆沙果实阴面);而果实 b* 值显著升高 51.65% (覆沙果实阳面) ~ 75.29% (清耕果实阴面)。果实贮藏 90 d 后,其硬度、有机酸和 Vc 含量降低,这与上述结论一致。本试验表明,低温贮藏减弱或降低了施氮量和耕作方式对果实有机酸、Vc 含量以及阴面硬度的影响作用,其处理间差异显著性降低,这种综合作用的相互影响关系有待于进一步验证。

4 结 论

1) 地面覆沙能显著提高苹果单果重、果实纵横径、硬度和可溶性固形物含量,改善果实着色程度,提高果实背阴面 a*、C* 和 FCI 值,降低其红色度和黄色度个体差异,果实阴阳面着色和个体间色度趋于一致,覆沙苹果果实更鲜红。

2) 随着施氮量的增加,苹果单果重、果实纵横径增大,果形指数、可溶性固形物、总糖、Vc 含量均呈“升-降”的变化特征,果实向阳面硬度降低。适量施氮有利于苹果果形指数、总糖、有机酸和 Vc 含量以及向阳面可溶性固形物的提高。综合分析认为,施氮量为 N3 时,果实品质最优。

3) 耕作方式和施氮量不同果实贮藏品质变化规律和程度不同。覆沙处理贮藏期果实硬度和可溶性固形物含量维持在较高水平,保持了果实阴面红色度,FCI 提高。冷藏 90 d 后,不同处理果实总糖含量大幅度提升,Vc 含量和有机酸含量则大幅度降低。低温贮藏减弱或降低了施氮量和耕作方式对果实有机酸、Vc 含量以及阴面硬度的影响。

参 考 文 献:

- [1] 刘小勇,李红旭,李建明,等.不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响[J].生态学报,2014,34(3):746-754.
- LIU X Y, LI H X, LI J M, et al. The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 746-754.

- [2] 孙文泰,刘兴禄,董铁,等.陇东旱塬苹果园不同覆盖措施对土壤性状、根系分布和果实品质的影响[J].果树学报,2015,32(5):841-851.
SUN W T, LIU X L, DONG T, et al. Root distribution, soil characteristics, root distribution and fruit quality affected by different mulching measures in apple orchard in the dry area of eastern Gansu[J]. Journal of Fruit Science, 2015, 32(5): 841-851.
- [3] 刘小勇,韩富军,李建明,等.旱地覆沙苹果园土壤肥力变化及配方施肥效应[J].干旱区资源与环境,2018,32(10):107-110.
LIU X Y, HAN F J, LI J M, et al. Soil nutrients and the effect of formula fertilization on rainfed sand apple orchard in eastern Gansu province[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2018, 32(10): 107-110.
- [4] 王海宁,葛顺峰,姜远茂,等.施氮水平对五种苹果砧木生长以及氮素吸收、分配和利用特性的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(5):1262-1268.
WANG H N, GE S F, JIANG Y M, et al. Effects of nitrogen fertilization on growth characteristics and absorption, distribution and utilization of NH₄15NO₃ of five apple rootstocks[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2012, 18(5): 1262-1268.
- [5] 胡国智,冯炯鑫,张炎,等.不同施氮量对甜瓜养分吸收、分配、利用及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):760-766.
HU G Z, FENG J X, ZHANG Y, et al. Effects of nitrogen fertilization on nutrient uptake, assignment, utilization and yield of melon[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 2013, 19(3): 760-766.
- [6] 彭福田,姜远茂.不同产量水平苹果园氮磷钾营养特点研究[J].中国农业科学,2006,39(2):361-367.
PENG F T, JIANG Y M. Characteristics of N, P, and K nutrition in different yield level apple orchards[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2006, 39(2): 361-367.
- [7] 姜远茂,张宏彦,张福锁.北方落叶果树养分资源综合管理理论与实践[M].北京:中国农业大学出版社,2007.
JIANG Y M, ZHANG H Y, ZHANG F S. Theory and practice on nutrient resources integration management of defoliation fruit trees in the north[M]. Beijing: China Agricultural University Press, 2007.
- [8] 刘小勇,张坤,董铁,等.陇东旱塬苹果园养分状况的测定与分析[J].经济林研究,2010,28(1):73-77.
LIU X Y, ZHANG K, DONG T, et al. Determination and analysis on nutrient status of apple orchard in eastern Gansu[J]. Non-Wood Forest Research, 2010, 28(1): 73-77.
- [9] 刘小勇,董铁,张坤,等.甘肃陇东旱塬不同树龄苹果园矿质氮的分布和积累特征[J].应用生态学报,2010,21(3):796-800.
LIU X Y, DONG T, ZHANG K, et al. Distribution and accumulation of mineral nitrogen in apple orchard soils in dry plateau of eastern Gansu province[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(3): 796-800.
- [10] GÓMEZ J A, ROMERO P, GIR? LDEZ J V, et al. Experimental assessment of runoff and soil erosion in an olive grove on a Vertic soil in southern Spain as affected by soil management[J]. Soil Use and Management, 2004, 20(4): 426-431.
- [11] SINGH S R, SHARMA A K, SRIVASTAVA K K. Response of mulches and antitranspirants on moisture conservation, yield and quality of apple (*Malus domestica* Borkh) cv Red Delicious under rain fed conditions of Kashmir Valley[J]. Environment and Ecology, 2005, 23(3): 572-576.
- [12] TREDER W, KLAMKOWSKI K, MIKA A, et al. Response of young apple trees to different orchard floor management systems[J]. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 2004, 12: 113-123.
- [13] 高登涛,郭景南,魏志峰,等.果园地面覆盖对土壤质量和苹果生长发育的影响[J].果树学报,2010,27(5):770-777.
GAO D T, GUO J N, WEI Z F, et al. Effect of orchard mulch on soil quality, growth and development of apple trees[J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(5): 770-777.
- [14] 任静,刘小勇,韩富军,等.施氮水平对旱塬覆沙苹果园土壤酶活性及果实品质的影响[J].农业工程学报,2019,35(8):206-213.
REN J, LIU X Y, HAN F J, et al. Effects of Nitrogen fertilizer levels on soil enzyme activity and fruit quality of sand-covered apple orchard in Loess Plateau of eastern Gansu[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(8): 206-213.
- [15] MCGUIRE I R G. Reporting of objective color measurements [J]. HortScience, 1992, 27(12): 1254-1255.
- [16] 孟祥云,王枝翠,王雨歌,等.地面遮阴对新疆‘红地球’葡萄果实着色影响[J].果树学报,2014,31(1):60-65.
MENG X Y, WANG Z C, WANG Y G, et al. Effects of terrestrial shading on the berry coloring of ‘Red Globe’ grape (*Vitis vinifera* L.) in Xinjiang[J]. Journal of Fruit Science, 2014, 31(1): 60-65.
- [17] LIAO Y, CAO H X, LIU X, et al. By increasing infiltration and reducing evaporation, mulching can improve the soil water environment and apple yield of orchards in semiarid areas[J]. Agricultural Water Management, 2021, 253: 106936.
- [18] TANG M, LI H C, ZHANG C, et al. Mulching measures improve soil moisture in rain-fed jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) orchards in the loess hilly region of China[J]. Sustainability, 2021, 13(2): 610.
- [19] CAO H, JIA M F, SONG J F, et al. Rice-straw mat mulching improves the soil integrated fertility index of apple orchards on cinnamon soil and fluvo-aquic soil [J]. Scientia Horticulturae, 2021, 278: 109837.
- [20] 周江涛,李燕青,闫帅,等.果园地面覆盖对苹果果实品质和矿质营养的影响[J].中国果树,2019(4):16-20,117.
ZHOU J T, LI Y Q, YAN S, et al. Effects of different patterns surface mulching on fruit quality and mineral elements in apple orchard[J]. China Fruits, 2019(4): 16-20, 117.
- [21] OLMEDO P, ZEPEDA B, ROJAS B, et al. Cell wall calcium and hemicellulose have a role in the fruit firmness during storage of blueberry (*Vaccinium* spp.) [J]. Plants, 2021, 10(3): 553.
- [22] LOBOS T E, RETAMALES J B, ESCOBAR A L, et al. Timing of foliar calcium sprays improves fruit firmness and antioxidants in "liberty" blueberries [J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2021, 21(1): 426-436.
- [23] DIARTE C, IGLESIAS A, ROMERO A, et al. Ripening-related cell wall modifications in olive (*Olea europaea* L.) fruit: a survey of nine genotypes[J]. Food Chemistry, 2021, 338: 127754.
- [24] 谢兴斌.苹果 bHLH 转录因子 MdTTL1 对低温诱导花青苷合成和果实着色的多途径调控[D].泰安:山东农业大学,2011.
XIE X B. Apple bHLH transcription factor MdTTL1 promotes anthocyanin biosynthesis and fruit coloration via multiple pathways at low

- temperature[D]. Taian: Shandong Agriculture University, 2011.
- [25] 李猛. 苹果单株果实品质分析及采收期的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2010.
- LI M. Quality analysis of apples of individual plant and research on harvest dates[D]. Yangling: Northwest A&F University, 2010.
- [26] 张亚飞, 罗静静, 彭福田, 等. 肥料袋控缓释对桃树根系生长、氮素吸收利用及产量品质的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(24): 4769-4778.
- ZHANG Y F, LUO J J, PENG F T, et al. Effects of fertilizer being bag-controlled released on root growth, nitrogen absorption and utilization, fruit yield and quality of peach trees[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(24): 4769-4778.
- [27] WANG F, XU X X, JIA Z H, et al. Nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate application during the later stage of apple fruit expansion regulates soil mineral nitrogen and tree carbon-nitrogen nutrition, and improves fruit quality[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2020, 11: 764.
- [28] 田海青, 赵艳艳, 梁振旭, 等. 京白梨郁闭园树体结构改造对冠层光照分布、枝类组成与果实品质的影响[J]. 西北农业学报, 2020, 29(10): 1576-1582.
- TIAN H Q, ZHAO Y Y, LIANG Z X, et al. Effect of tree form improvement on light penetration, branch composition and fruit quality in canopy overcrowd 'Jingbai' pear orchard[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2020, 29(10): 1576-1582.
- [29] MOHEBBI S, BABALAR M, ZAMANI Z, et al. Influence of early season boron spraying and postharvest calcium dip treatment on cell-wall degrading enzymes and fruit firmness in 'Starking Delicious' apple during storage[J]. *Scientia Horticulturae*, 2020, 259: 108822.
- [30] 李付国, 孟月华, 贾小红, 等. 供氮水平对“八月脆”桃产量、品质和叶片养分含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6): 918-921.
- LI F G, MENG Y H, JIA X H, et al. Effects of nitrogen applied rate on fruit yield, quality and leaf nutrient content of 'Bayuecui' peach[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*, 2006, 12(6): 918-921.
- [31] 王志华, 贾朝爽, 王文辉, 等. 低温贮藏对“金红”苹果能量代谢和品质的影响[J]. 园艺学报, 2020, 47(12): 2277-2289.
- WANG Z H, JIA C S, WANG W H, et al. Effects of low temperature storage on energy metabolism, related physiology and quality in 'Jinhong' apple fruit[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2020, 47(12): 2277-2289.
- [32] 黄文俊, 江昌应, 陈美艳, 等. 三个产地猕猴桃品种“金梅”在低温贮藏及货架期内的采后生理和品质变化[J]. 植物科学学报, 2020, 38(5): 687-695.
- HUANG W J, JIANG C Y, CHEN M Y, et al. Changes in postharvest physiology and fruit quality of actinidia chinensis planch. 'Jinmei' from three different production regions during cool storage and shelf life[J]. *Plant Science Journal*, 2020, 38(5): 687-695.
- [33] 马凤丽, 贾晓辉, 王志华, 等. '三季梨'果实成熟过程中的生理生化变化及其相关性分析[J]. 果树学报, 2018, 35(6): 718-728.
- MA F L, JIA X H, WANG Z H, et al. Physiological and biochemical changes during postharvest ripening in 'Docteur Jules Guyot' pear and their correlations[J]. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35(6): 718-728.
-
- (上接第 105 页)
- [29] 蔡佳秀. 西瓜糖含量配合力分析及分子标记辅助选择[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2020.
- CAI J X. Watermelon sugar content combining ability analysis and molecular marker assisted selection[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2020.
- [30] 韦彩会, 董文斌, 何永群, 等. 新型有机肥料对连作西瓜生长、产量及品质的影响[J]. 北方园艺, 2017, (8): 20-24.
- WEI C H, DONG W B, HE Y Q, et al. Effect of new organic fertilizer on growth and yield and quality of watermelon[J]. *Northern Horticulture*, 2017, (8): 20-24.
- [31] 蔡东升, 李建明, 李惠, 等. 营养液供应量对番茄产量、品质和挥发性物质的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(3): 921-930.
- CAI D S, LI J M, LI H, et al. Effects of nutrient solution supply amount on yield, quality and volatile matter of tomato[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(3): 921-930.
- [32] 汪炳良, 陈竹君. 成熟番茄果实内抗坏血酸和还原糖含量的相关性分析[J]. 浙江农业学报, 1995, (4): 61-64.
- WANG B L, CHEN Z J. Correlative research of ascorbic acid and reducing sugar contents in tomato[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 1995, (4): 61-64.
- [33] 高海荣, 张洁, 陈秀丽, 等. 10 种郑州市售水果维生素 C 含量分析[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(10): 4142-4146.
- GAO H R, ZHANG J, CHEN X L, et al. Analysis of vitamin C content of 10 commercially available fruits from Zhengzhou City[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2015, 6(10): 4142-4146.
- [34] 郑锋, 詹园凤, 党选民, 等. 不同倍性小型西瓜果实中维生素 C 和可溶性固形物含量的差异[J]. 长江蔬菜, 2012, (10): 35-37.
- ZHENG F, ZHAN Y F, DANG X M, et al. Differences of vitamin C and total soluble solids content in fruits of mini-watermelon with different ploidies[J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2012, (10): 35-37.
- [35] 高美玲, 袁成志, 魏晓明, 等. 不同瓢色西瓜功能成分比较[J]. 北方园艺, 2012, (24): 9-11.
- GAO M L, YUAN C Z, WEI X M, et al. Comparative study on functional ingredients in watermelon varieties with different flesh color[J]. *Northern Horticulture*, 2012, (24): 9-11.