

分区施用有机肥对苹果树体生长和 叶片生理特性的影响

李翠红¹, 张 强², 冯毓琴¹, 陈大鹏¹, 张永茂¹, 魏钦平²

(1. 甘肃省农科院农产品贮藏加工研究所, 甘肃 兰州 730070;

2. 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093)

摘要: 以三年生‘红将军’(*Malus domestica* cv.)为试材,砧木为平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd.),采用分根盆栽法研究 1/2 根区定量灌水条件下,1/4、2/4 和 3/4 根区分区施用有机肥对树体新梢生长动态、根系生长动态、叶绿素、叶片光合、蒸腾、气孔导度等指标的影响,以期确定苹果树有机肥最佳施用量和施用区域,为改善果园有机肥施用方法和施用量提供理论依据和技术支撑。结果表明:1/4 根区施用 30% 有机肥处理新梢生长量最大,为 14.2 cm; 2/4 根区施用 20% 有机肥处理的根系生长量最大,在整个生长季根系生长量为 230.0 mm,叶绿素含量也显著高于其它处理;1/4 施用 30%、2/4 施用 20% 或 3/4 施用 10% 有机肥处理的净光合速率和气孔导度的日变化和季节变化都显著高于其它处理,而蒸腾速率与其它处理差异不显著。1/4 施用 30%、2/4 施用 20% 或 3/4 施用 10% 有机肥处理不仅能够保证树体正常生长发育,还可以节约有机肥用量、提高土壤的保肥保水效果。

关键词: 苹果;分区施肥;有机肥;树体生长;叶片生理特性

中图分类号: S147.24; S661.1 **文献标志码:** A

Effects of organic fertilization within partial root on the growth and leaf physiological characteristics of apple trees

LI Cui-hong¹, ZHANG Qiang², FENG Yu-qin¹, CHEN Da-peng¹, ZHANG Yong-mao¹, WEI Qin-ping²

(1. Agricultural Product Storage and Processing Research Institute, Lanzhou Gansu 730070, China;

2. Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: To confirm the usage amount and application area of organic fertilizer, the effects of fertilization at 1/4, 2/4 and 3/4 partial root zones were investigated on the growth of new shoots, root growth dynamics, chlorophyll and net photosynthetic rate (P_n) and transpiration rate (Tr) and stomatal conductance (G_s). The experimental material were three-year old roots of potted Red General trees (*Malus domestica* cv.), and rootstock were *Malus hupehensis* Rehd. This study may provide theoretical basis and technological support for the improvement of organic fertilization methods and consumption in apple orchard. The length of new shoots at 1/4 partial root zone with 30% application of organic fertilizer was 14.2 cm, reaching the longest. When applied at 2/4 partial root zone with 20% application organic fertilizer, the biomass of root was the biggest, and root length was 230.0 mm throughout the growing season. Meanwhile, the chlorophyll concentration at 2/4 partial zone was significant higher than that at 1/4 and 3/4 zones. Diurnal changes and seasonal changes of net photosynthetic rate (P_n) and stomatal conductance (G_s), which were investigated under the treatments at 1/4 partial root zone with 30%, 2/4 partial root zone with 20%, and 3/4 partial root zone with 10% application organic fertilizer, were obviously higher than those by other treatments. However, the transpiration rate (Tr) did not show significant change by all treatments. Applications at 1/4, 2/4 and 3/4 partial root zones with 30%, 20% and 10% organic fertilizer, respectively, can maintain the natural growth rate of apple trees through saving the consumption of organic fertilizer, and preserving soil moisture and fertility.

Keywords: apple tree; partial; organic fertilizer; growth; leaf physiological characteristics

收稿日期: 2015-05-25

基金项目: 国家级星火计划重大项目(2013GA860001); 甘肃省科技重大专项计划(1203NKDA016); 现代农业产业技术体系建设专项(CARS-28)

作者简介: 李翠红(1981—), 女, 甘肃兰州人, 硕士, 主要从事果树生理生态研究。E-mail: slc_258@163.com。

通信作者: 魏钦平(1962—), 男, 研究员, 主要从事果树栽培研究。E-mail: qpwei@sina.com。

张永茂(1957—), 男, 研究员, 主要从事果树栽培研究。E-mail: zhangym57@126.com。

苹果是我国的主要果树之一,2014 年我国苹果种植面积 231.2 万 hm^2 ,比全国《苹果优势区域布局规划》(2008—2015 年)发展目标高出了近 33.3 万 hm^2 ^[1]。而我国占总种植面积 65% 的果园分布在土壤瘠薄的丘陵山区和河滩薄地,这些果园普遍存在土壤有机质含量低、保水力差等问题,严重影响了果树产量和品质的提高。加之种植区域相对集中,果园土壤有机肥源短缺,施肥主要以化学肥料为主等原因,导致果园土壤普遍存在有机质含量低、土壤结构不良、保肥保水力差等土壤质量退化等问题^[2-3]。姜远茂等^[4]研究得出:山东省果园土壤有机质平均含量仅为 0.6%,陕西省苹果园平均含量为 1.147%^[5-6],与国外发达国家苹果园土壤 2%~3% 的有机质含量相比存在较大的差距^[7-9]。解决我国果园土壤肥力低、有机质含量少、保水力差、果树水肥需求与供应矛盾问题等是当前果树生产研究的热点和难点问题。我国科研工作者业已做了大量工作,韩晓增等^[10]在东北黑土区长期定位试验表明,施用有机肥能提高土壤肥力,表现为增加了土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、速效磷和速效钾含量;王宏伟、黄爱星等^[11-13]对不同种类的研究结果均表明,有机肥的施用都能提高果树的叶重、株高、径围,提高果树的光合作用和蒸腾作用并提高树体对养分的吸收;冯启云等^[14]研究认为,配施土杂肥、饼肥和埋草措施可明显提高苹果单位面积的短枝量,增加叶面积系数,有利于树体的生长;大量的科学试验也

已证明,有机肥的施用可大幅度提高苹果、梨、大枣、葡萄等果树的产量,同时增加果实中可溶性糖、Vc 含量等指标使果实品质得到改善^[15-17]。这些研究为果树生产上应用有机肥改良土壤提供了重要的理论依据,但对于有机肥的根系分区适量施用目前缺乏必要的研究。本研究通过连续 4 a 的根系分区盆栽试验,研究苹果分区施用不同比例有机肥条件下,树体生长、生理特性及其内在联系,探讨调控苹果正常生长的有机肥最佳施用量和施用根域,提出苹果园肥水高效利用技术方案,为生产应用提供理论支撑和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与内容

以 3 a 生苹果树为试验材料,将其根系均匀分成 4 等份,用有机玻璃平均分割 4 个不渗水的独立小箱,将 4 等份根系分别载入小箱内,根系施肥区域设置 3 个水平,分别为 1/4、2/4 和 3/4 根区施肥,每一个根区设置有机肥施用比例分别为 10%、20% 和 30% 的 3 个处理(施用有机肥后土壤理化性质和影响水平如表 1)。在苹果第一次叶幕形成后,当土壤相对含水量低于 60% 时灌水,其中 1/4 处理浇灌施肥根区和其对角区域,2/4 处理和 3/4 处理均浇灌 2 个对角施肥根区,每个根区每次灌水 1 000 mL,每周灌水 1 次,全年灌水 24 次,每个处理年灌水量为 24 L。肥水处理示意图如图 1。

表 1 各处理土壤理化性状和营养水平

Table 1 Physical characteristics and nutrient contents of each treatment

有机肥比例 Organic manure ratio/%	有机质 Organic matter /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全氮 Total N /($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效磷 Available P /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效钾 Available K /($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	阳离子交换量 C. E /($\text{mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$)	土壤比重 Soil proportion /($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	土壤孔隙度 Soil porosity /%	土壤容重 Soil bulk density /($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
0	25.70	1.43	138	286	234	2.55	49.1	1.26
10	45.50	2.53	422	998	241	2.39	50.6	1.25
20	63.90	3.05	612	1480	250	2.40	51.9	1.23
30	88.10	4.44	926	3040	272	2.52	53.2	1.21

1.2 试验设计

1.2.1 试验材料 供试苹果品种为 3 a 生‘红将军’(*Malus domestica* cv.),砧木为平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd.)。

1.2.2 试验方法 将长、宽、高均为 40 cm 的有机玻璃箱均匀隔成 20 cm × 20 cm × 40 cm 的四个小箱,视为苹果幼树的 4 个根区,分别装入腐熟有机肥占土壤的体积比例为 10%、20% 和 30% 的混合土,然

后将大小相对一致的两年生苹果苗根系主根剪除,将侧根四等分分别栽入 4 个小箱内,并按 1 m × 1.5 m 的株行距将有机玻璃箱埋入土中,每个处理重复 10 株;全年不施用任何肥料,灌水和其它管理按常规进行。次年春季把有机玻璃箱从土壤中挖出,每个处理选择树体大小、长势、主干高度和粗度、新梢数量等基本一致的 6 株苹果树为试验材料,单株小区,6 次重复。有机玻璃箱外围用 10 cm 厚泡沫板包

紧,防止外界光照、温度等对根系生长的影响,置于避雨棚内,下雨时拉上防雨膜;在苹果第一次叶幕形成后,当土壤相对含水量低于 60%时灌水,各个处理均灌 2 个对角根区(1/4 处理灌施肥根区与对角

的未施肥根区,2/4 和 3/4 处理均灌对角的施肥根区),每个小箱每次灌水 1 000 mL,其它按正常管理,试验工具和方法如图 2。

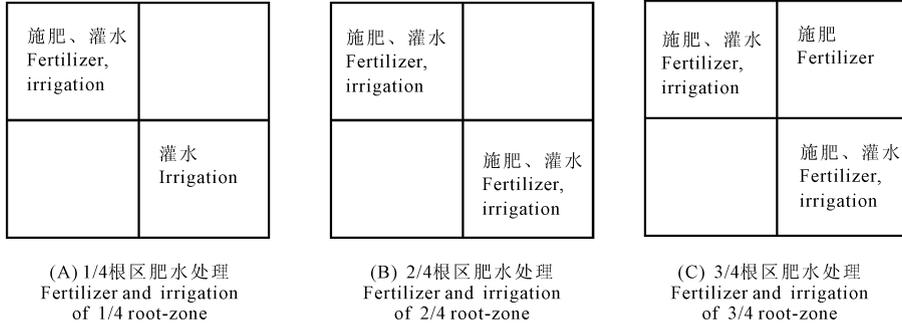


图 1 根区肥水处理示意图

Fig. 1 Schematic of root-zone fertilization and irrigation



图 2 盆栽试验

Fig. 2 Pot experiment

1.2.3 测定指标及方法

(1) 新梢测定:5 月中旬到 10 月下旬,在每株树上选择 5 个新梢,每 10 天用卷尺测量新梢长度。

(2) 根系测定:分别于 5、6、7、8、9、10 月下旬用 Canon Power-shot G2 相机根系拍照(F/2, 1/13s),Photoshop8.0 描根,Sigma-Scan pro 5.0 软件计算根系长度。

(3) 叶绿素含量测定:5 月中旬到 10 月下旬,在每株树上选择新梢第 5~9 片叶,用叶绿素含量测定

仪(SPAD)测定叶绿素含量。

(4) 光合、蒸腾、气孔导度测定:从 5 月中旬开始,一直到 10 月,每月测定一次。测定时选择晴朗天气,用 CI-340 型光合仪测定新梢 7~9 片叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(C)、蒸腾速率(E)等参数,光合日变化每次测定时间为 7:00、9:00、11:00、13:00、15:00、17:00,光合季节变化每次测定时间为上午 11:00,每月测定一次。光合测定时光照强度和 CO_2 浓度均为当时的日照强度和 CO_2 浓度。

2 结果与分析

2.1 分区施用有机肥对苹果树体生长发育的影响

2.1.1 新梢生长动态 分区施用有机肥对苹果新梢生长的影响如图 2 所示。1/4 根区处理时(图 3A),10% 有机肥处理春梢在 6 月 23 日停长,20%、30% 处理则在 7 月 1 日左右开始停长;同时,30% 有机肥处理春梢生长量最大,20% 处理次之,10% 处理则显著低于 20% 和 30% 处理。进入秋梢生长期后,10% 有机肥处理秋梢基本停长,而 20%、30% 有机肥处理秋梢有一定生长。2/4 根区处理时(图 3B),在整个生长季,20% 有机肥处理新梢生长量最大,且在 7 月 15 号以后秋梢迅速生长,显著大于其它处理;其次是 10% 有机肥处理,30% 有机肥处理新梢生长则较为平缓。3/4 根区处理时(图 3C),20% 有机肥处理春梢生长较为迅速,相对而言,10%、30% 有机肥处理新梢生长则比较缓慢,生长量也较小。7 月 1 日前后三个处理的春梢均停止生长,且 20% 有机肥处理春梢生长量显著高于 10% 和 30% 有机肥处理,10%、30% 有机肥处理间则没有差异;30% 有机肥处理秋梢基本停长,10%、20% 处理均有秋梢生长,以 20% 处理生长量最大。总体来看,1/4 根区施用 30% 比例有机肥、2/4 根区施用 20% 比例有机肥处理时,新梢生长量在整个生育期都较其它处理大,且春秋梢停长期较晚。这说明有机肥施用过少或过多都会抑制新梢生长。

2.1.2 根系生长动态 分区施用有机肥对根系生长的影响结果见图 4。6—10 月份,根系生长呈现一定的规律性,表现为 6—7 月根系生长迅速,8—9 月份呈现第二个生长高峰。就各根区处理而言,1/4 根区处理下(图 4A),随有机肥施用水平增加,根系长度增加,尤其在 7 月份后,30% 有机肥处理根系生长最快,且各个处理间差异显著。2/4 根区处理下(图 4B),10%、20% 和 30% 有机肥处理在 6 月份根系长度差异不显著,进入 7 月份后,20% 有机肥处理根系生长迅速,且在 7—10 月间显著高于 10% 和 30% 有机肥处理,而 10% 与 30% 处理间则差异不显著。3/4 根区处理条件下(图 4C),6 月份各个有机肥处理间根系长度差异不显著,7—10 月间则表现为随有机肥水平增加,根系长度显著降低。

2.2 分区施用有机肥对苹果叶片生理指标的影响

2.2.1 叶绿素含量变化 整个生长季中苹果叶片平均叶绿素含量如图 5 所示。与不同生育期间变化动态相似,1/4 根区处理时随有机肥改良水平增加,叶绿素含量显著增加;2/4 根区处理时 20% 有机肥处理叶绿素含量最高;3/4 根区处理叶绿素含量则

随有机肥水平增加显著降低。施用 10% 有机肥时随改良根区增加叶绿素含量显著增加;20% 有机肥水平下,1/4、2/4 根区处理间叶绿素含量差异不显著,但均高于 3/4 处理。当施用 30% 有机肥时,随改良根区增加,叶绿素含量有降低趋势,且 1/4 根区处理与 3/4 根区处理间差异显著。这说明土壤养分供应浓度过大会抑制植物叶片叶绿素含量,叶绿素含量影响着光能的吸收和转换。

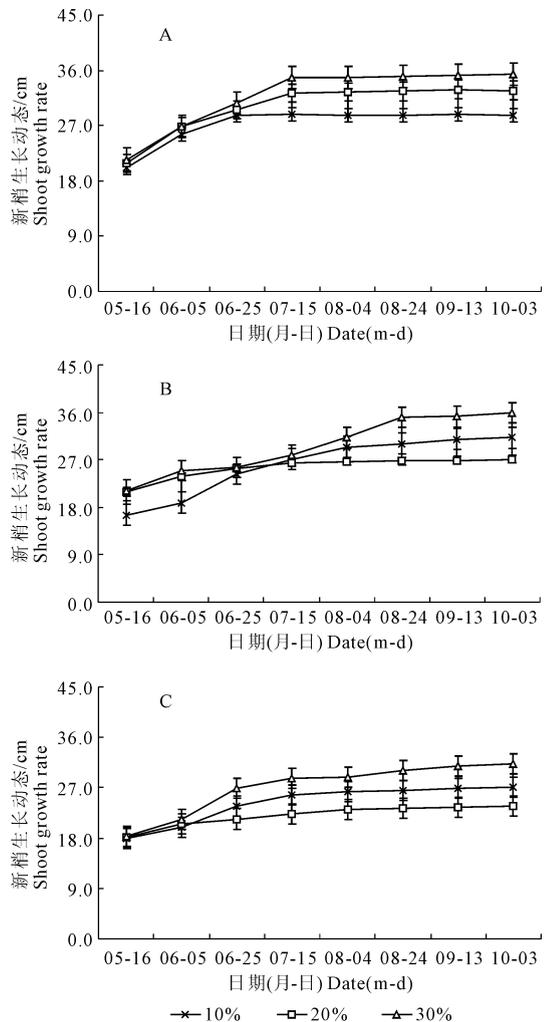


图 3 1/4(A)、2/4(B)和 3/4(C)根区施用有机肥苹果新梢生长动态

Fig. 3 Shoot growth rate of apple trees grown at 1/4 (A), 2/4 (B) and 3/4 (C) root-zones with organic fertilizer

2.2.2 苹果叶片净光合速率 分区施用有机肥对叶片净光合速率日变化和季节变化的影响如图 6 所示。由图 6 可见,在一天中,叶片光合速率变化呈现为典型的“双峰”曲线:即随时间增加,净光合速率逐渐增大,到上午 11:00 达到最大值,随后出现光合午休现象,下午 15:00 出现次高峰,随后光合速率逐渐降低,到 17:00 降至最低点。

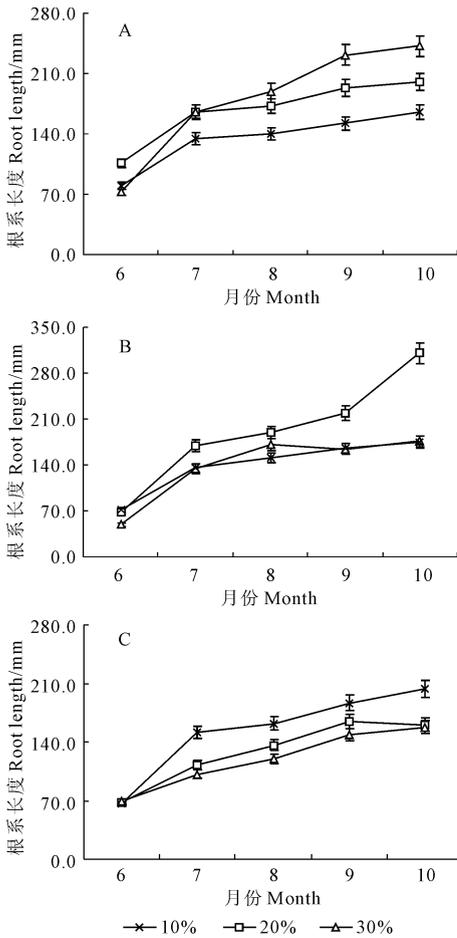


图4 1/4(A)、2/4(B)和3/4(C)根区施用有机肥苹果根系生长动态

Fig. 4 Root growth rate of apple trees grown at 1/4(A), 2/4(B) and 3/4(C) root-zones of soil improved by organic fertilizer

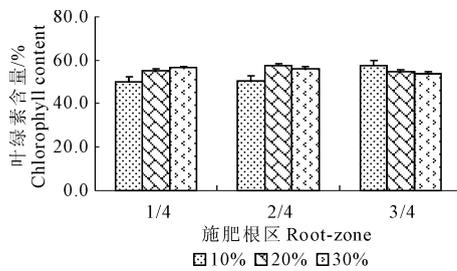


图5 分区施用有机肥苹果叶片叶绿素含量

Fig. 5 Leaf chlorophyll content of apple trees grown in loam improved by organic fertilizer

分区施用有机肥显著影响叶片净光合速率日变化(图6)。1/4根区处理条件下(图6A),随有机肥施用比例增加,叶片净光合速率显著增加;2/4根区处理条件下(图6B),20%有机肥处理净光合速率最大,30%有机肥处理最低,10%有机肥处理居中,且三个浓度的有机肥处理间差异显著;3/4根区处理时(图6C),除下午13:00和17:00外,随有机肥比例增加,叶片净光合速率显著降低。

从叶片净光合速率季节变化来看(图6),整个生长季中,不同处理叶片净光合速率呈现相同的变化趋势。1/4根区处理下(图6A),30%有机肥处理叶片净光合速率显著高于10%有机肥处理,且在8月3日前也显著低于20%有机肥处理。2/4根区处理下(图6B),20%有机肥处理叶片净光合速率在8月20日前,显著高于10%处理,与30%处理相比则差异不显著;在8月20日之后,则与10%处理差异不显著,但显著高于30%有机肥处理。3/4根区处理条件下(图6C),以10%有机肥处理净光合速率最高,30%处理最低,且两者间差异显著。

2.2.3 苹果叶片蒸腾速率 分区施用有机肥对叶片蒸腾速率日变化和季节变化的影响如图7所示。由图可见,叶片蒸腾速率日变化为单峰曲线:随着光照强度增加,蒸腾逐渐增加,最高峰出现在下午13:00,随后蒸腾速率逐渐下降。

1/4根区处理下(图7A),叶片蒸腾速率随有机肥比例增加逐渐增大,各测定时间点30%有机肥处理均显著高于10%和20%有机肥处理,20%有机肥处理在下午13:00和15:00也显著高于10%有机肥处理。2/4根区处理下(图7B),下午13:00前,20%有机肥处理显著高于30%处理,在随后的测定时间点,20%处理仍最大,但与10%、30%有机肥处理之间差异不显著。3/4根区处理下(图7C),15:00前10%有机肥处理显著高于20%和30%处理,随后时间点各个处理间差异不显著。

就蒸腾速率季节变化而言(图7),1/4根区处理时(图7A),30%有机肥处理在整个生长季中叶片蒸腾速率最大,10%和20%有机肥处理间则无差异。2/4根区处理时(图7B),20%有机肥处理蒸腾速率最大,30%处理最小。3/4根区处理时(图7C),10%、20%、30%有机肥处理间叶片蒸腾速率依次降低,但差异不显著。

2.2.4 苹果叶片气孔导度 分区施用有机肥不同处理条件下,叶片气孔导度日变化与气孔导度的变化相似,也为单峰曲线,最小值出现在上午7:00,最大值出现在下午13:00(图8)。1/4根区处理下(图8A),随有机肥施用比例增加,叶片气孔导度逐渐增大,且30%有机肥处理显著高于10%有机肥处理,除上午11:00和下午13:00外也显著高于20%处理;同时,各测定时间点20%有机肥处理的气孔导度也显著高于10%有机肥处理。2/4根区处理下(图8B),20%有机肥处理显著高于30%处理,但与10%处理差异不显著。3/4根区处理下(图8C),10%有机肥处理显著高于20%(下午15:00除外)和30%处理,与此同时,20%有机肥处理也显著高于30%处理。

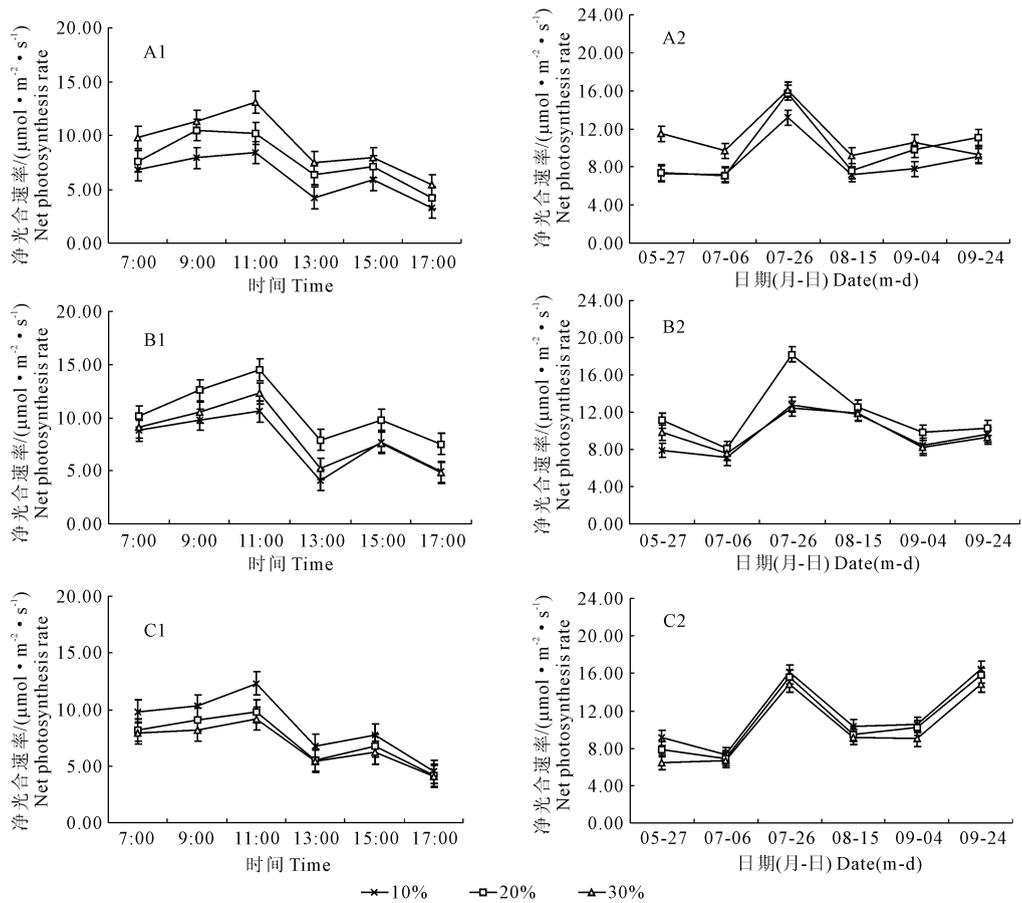


图 6 苹果 1/4、2/4 和 3/4 根区施用有机肥对叶片净光合速率日变化(A1, B1, C1)和季节变化(A2, B2, C2)的影响

Fig.6 Effects of 1/4, 2/4 and 3/4 root-zones improved by organic fertilizer on daily(A1, B1, C1) and seasonal(A2, B2, C2) changes of net photosynthesis of apple trees

就气孔导度季节变化而言,当 1/4 根区处理下(图 8A),30%有机肥处理在整个生长季中叶片气孔导度最大,10%和 20%有机肥处理间则无差异。2/4 根区处理时(图 8B),20%有机肥处理气孔导度最大,30%处理最小。3/4 根区处理时(图 8C),10%、20%、30%有机肥处理间叶片气孔导度依次降低。

3 结论与讨论

苹果园土壤的高肥力对于保障果树生产的可持续性十分重要,因此,苹果生产中的有机肥投入是必不可少的。与粮食作物不同,苹果局部施肥即可以满足苹果根系吸收水分和养分的功能。围绕着植物局部施肥,国内外作了许多研究,习金根等^[18]研究表明,部分根系施肥对剑麻幼苗植株和根系的生长具有一定的促进作用;原丽娜等^[19]认为部分根域施肥可改善玉米生理特性,提高产量;黄绍文等^[20]研究表明部分根域施肥可提高肥料利用率。这些研究主要围绕着大田作物进行,并且通过局部施肥的方法,得到了一些重要的研究结论,但对于果树而言,则缺

少必要的研究。与此同时,果树是多年生植物,根域面积大,生长期需要大量的养分供应。传统的改良方法(如穴施、放射状施肥等)无法准确进行定量研究。本研究中,把长×宽×高分别为 40 cm×40 cm×40 cm 的有机玻璃箱平均分割成彼此独立且不渗水的 4 个小箱,外围用 10 cm 厚泡沫板包紧,防止外界光照、温度等对根系生长的影响。这样可以将果树根域分割,研究分区施肥对生长及肥水高效利用的影响,突破了传统的果树局部施肥研究方法,为减少肥水投入、提高肥水利用效率提供理论依据。

3.1 分区施用有机肥对树体生长的影响

就苹果树而言,春秋梢的及时停长,新梢长度和叶面积的降低,不仅减少蒸发面积降低植株耗水量,同时可以改善果园通风透光条件,防止树冠郁闭,具有节水和提高果实品质的双重效应。果树施用有机肥能够促进梨树新梢生长,显著增加株高、干粗度、单叶面积及单位叶面积上干物质质量^[15-16]。苹果的新梢和根系生长量并非随着有机肥施用量的增加呈线性提高,这与刘长虹等^[2]、秦岭等^[17]在苹果,李

晓华^[21]在玉米, Dave^[22]在草坪上的研究结果基本一致。本研究中, 1/4 根区施用 10% 有机肥秋梢基本停长, 30% 有机肥处理秋梢生长量约为春梢生长量的 1/3。2/4 根区施用 20% 有机肥春秋梢生长量适中, 30% 有机肥处理春梢生长量不足。3/4 根区施用 30% 有机肥秋梢基本停长, 10% 有机肥处理新梢生长节奏正常。这说明低肥处理条件下新梢生长量小主要是由于土壤养分供应相对较低引起, 而高肥处理下新梢生长量小则主要是土壤养分供应浓度过大而导致的抑制作用。不同有机肥处理下, 1/4 根域用 30% 有机肥, 2/4 根域用 20% 有机肥, 3/4 根域用 10% 有机肥改良均显著提高了根系生长量, 有利于养分吸收。这说明根系生长量与地上部新梢生长一致。

3.2 分区施用有机肥对叶片光合作用的影响

光合作用是一个十分复杂的过程, 植物叶片的

净光合速率及蒸腾速率与自身因素如叶绿素含量、叶片厚度、叶片成熟度密切相关, 又受光照强度、气温等外界因子影响^[23-24]。金剑等^[25]研究的结果表明, 增施有机肥的处理的光合速率高于不施有机肥的无机肥处理, 且光合速率衰减率较小, 表现出良好的产量潜力。张依章等^[26]的研究指出, 不同有机肥处理下, 叶片光合速率、气孔导度各有不同, 三者之间有很好的平衡关系。其中, 深层施肥处理植株生长后期能够维持较高的光合速率, 但气孔导度却有所降低, 有效地减少了水分散失。本试验中, 在生长初期叶片叶绿素含量很低, 则光合速率也极低, 随着季节的推进 6—7 月叶片叶绿素含量增加最快, 8—9 月较慢, 这与秦玲^[17]的研究结果一致。但不同的有机肥水平对叶片叶绿素的影响作用较小。分区施用有机肥直接或间接影响光合作用, 一般光合速率和气孔导度高, 蒸腾作用与之相反。而蒸腾速率日变

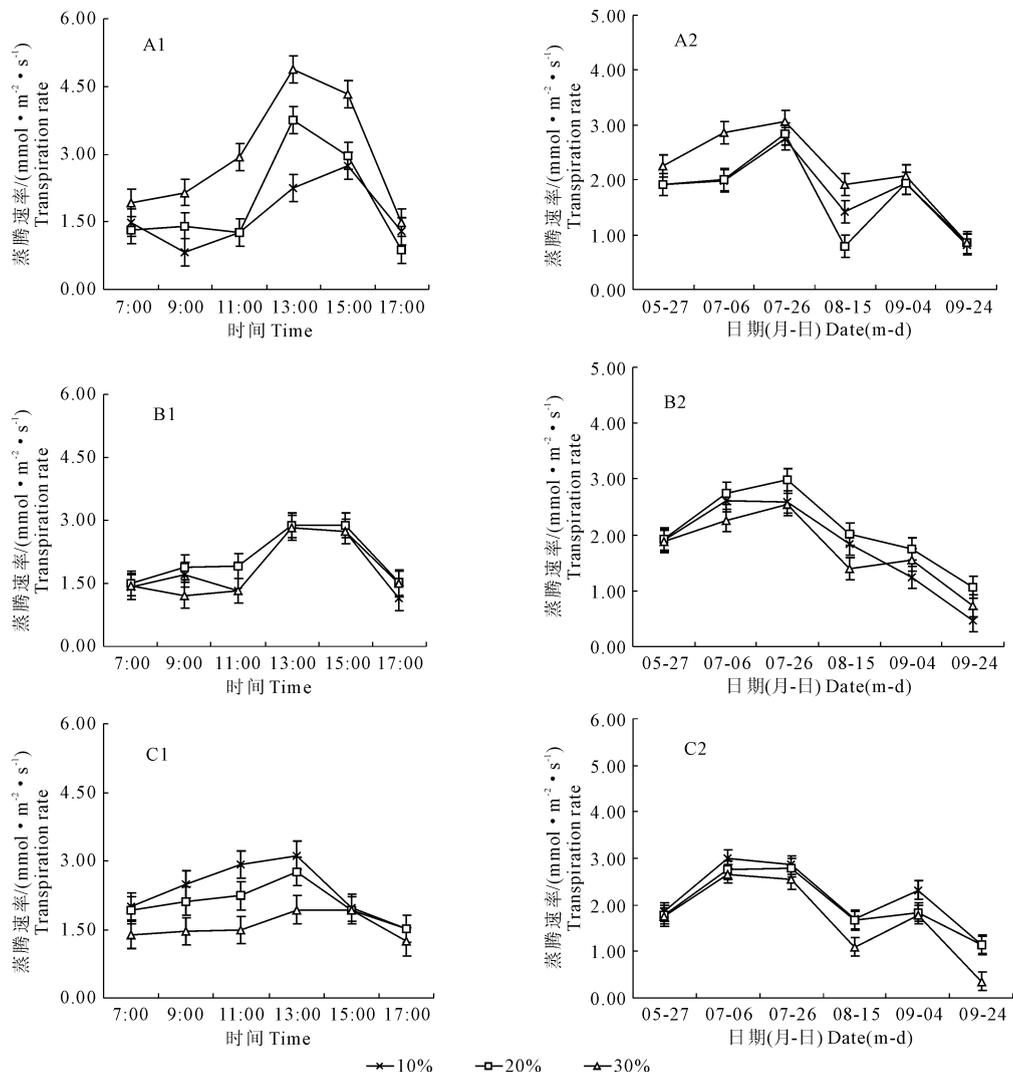


图7 苹果 1/4、2/4 和 3/4 根区施用有机肥对叶片蒸腾速率日变化 (A1, B1, C1) 和季节变化 (A2, B2, C2) 的影响

Fig.7 Effects of 1/4, 2/4 and 3/4 root-zones improved by organic fertilizer on daily (A1, B1, C1) and seasonal (A2, B2, C2) changes of transpiration rate of apple trees

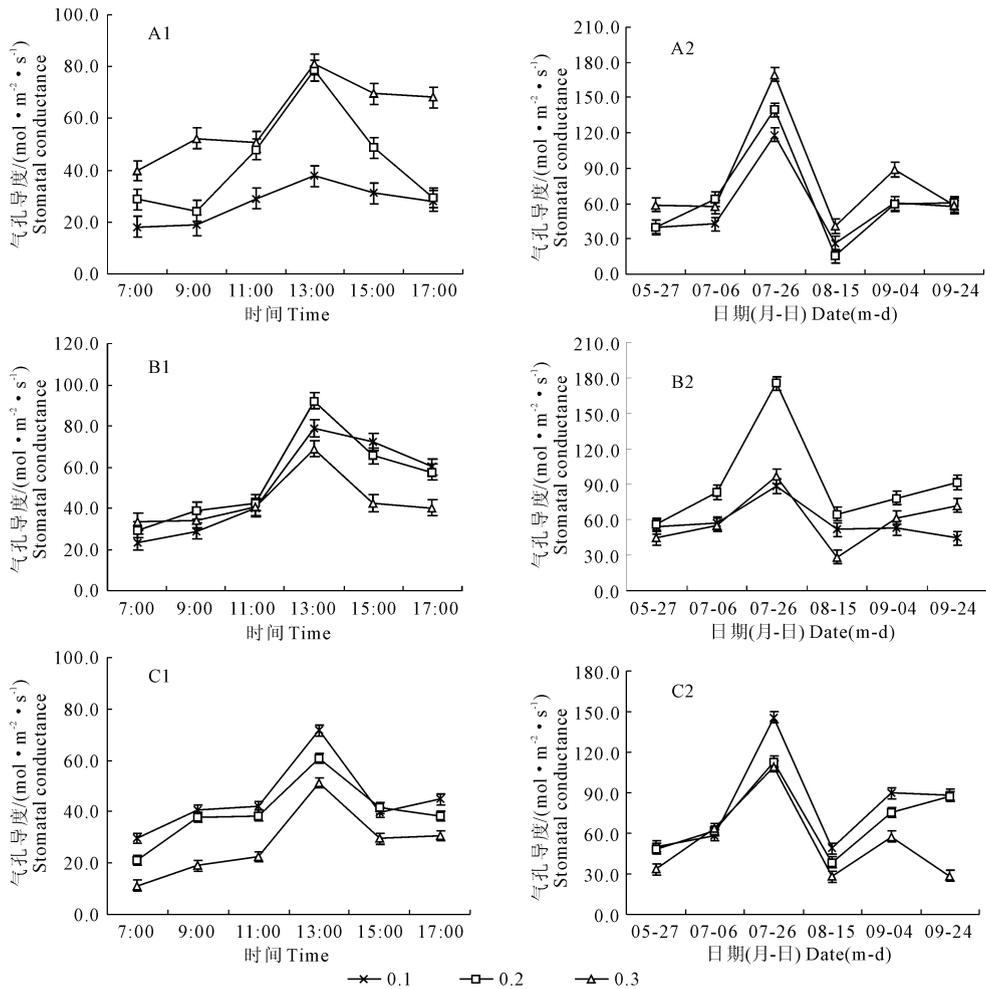


图 8 苹果 1/4、2/4 和 3/4 根区施用有机肥对叶片气孔日变化 (A1, B1, C1) 和季节变化 (A2, B2, C2) 的影响
 Fig.8 Effects of 1/4, 2/4 and 3/4 root-zones improved by organic fertilizer on daily (A1, B1, C1) and seasonal (A2, B2, C2) changes of stomatal conductance of apple trees

化在不同的测定日期出现了相反的变化趋势,这与当时的气象条件有着密切关系。施用有机肥可以提高果树叶绿素含量,增加比叶重,从而促进光合作用的进行。

综上所述,苹果根系 1/4 区域施用 30%、2/4 区域施用 20% 和 3/4 区域施用 10% 有机肥既能保障树体正常生长发育,提高土壤保肥保水能力,而且可以节约有机肥用量,降低生产成本,提高生产效率。

参考文献:

[1] 中华人民共和国农业部. 苹果优势区域布局规划 (2008 - 2015) [R]. 北京: 中华人民共和国农业部, 2010.
 [2] 刘长虹, 韩明玉, 张立新. 初夏施肥对渭北旱塬红富士苹果生长、产量及品质的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(1): 62.
 [3] 路克国, 朱树华, 张连忠. 有机肥对土壤理化性质和红富士苹果果实品质的影响 [J]. 石河子大学学报 (自然科学版), 2003, 7

(3): 205-208.
 [4] 姜远茂, 彭福田, 张宏彦, 等. 山东省苹果园土壤有机质及养分状况研究 [J]. 土壤通报, 2001, 32(4): 167-169.
 [5] 李会民, 程雪绒. 咸阳苹果园养分状况调查及对策 [J]. 北方果树, 2002, (6): 20-22.
 [6] 张英利, 马爱生, 杨岩荣, 等. 陕西苹果产区土壤养分状况研究初报 [J]. 土壤肥料, 2003, (5): 41-42.
 [7] Ashraf M, Mahmood T, Azam F, et al. Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 2004, 40: 147-152.
 [8] Martin R C. Soil quality for sustainable land management organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions [J]. *Agronomy J*, 2002, 94: 38-47.
 [9] Wolf B, G H. Snyder Sustainable Soils: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity. New York: Food D Products Press of the Haworth Press, 2003.
 [10] 韩晓增, 王凤仙, 王凤菊, 等. 长期施用有机肥对黑土肥力及作物产量的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 65-71.

3 小 结

1) 全省农田土壤耕层较薄,以陕北地区比较严重,陕南次之,关中地区尚可。与第二次土壤普查相比,陕北减少 5 cm,关中减少 1.5 cm,陕南减少 2 cm。犁底层较厚,全省超过 5 成农田犁底层过厚(>20 cm),较厚的犁底层可能已经影响到作物正常生长发育。

2) 全省农田耕层土壤容重适宜,犁底层土壤容重偏大。犁底层土壤容重平均为 $1.49 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,超出了小麦、玉米生长的适宜范围,在一定程度上限制了小麦与玉米根系的发育和分布,成为农田作物生长的物理障碍。

3) 全省耕层土壤紧实度尚合适,但犁底层土壤紧实度过大,形成明显的障碍层。粮食主产区关中地区最为突出,近 90% 的样点存在犁底层物理障碍,且 1/3 以上的样点障碍程度较严重;陕南地区 50% 以上样点存在犁底层障碍;陕北地区近 70% 的样点存在犁底层障碍但程度较轻。

参 考 文 献:

- [1] 焦彩强,王益权,刘军,等.关中地区耕作方法与土壤紧实度时空变异及其效应分析[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):7-12.
- [2] 冯耀祖,耿庆龙,陈署晃,等.基于 GIS 的县级耕地地力评价及土壤障碍因素分析[J].新疆农业科学,2011,48(12):2281-2288.
- [3] 石彦琴,陈源泉,隋鹏,等.农田土壤紧实的发生、影响及其改良[J].生态学杂志,2010,29(10):2057-2064.
- [4] 向万胜,古汉虎.湖北江汉平原四湖地区湿地农田土壤的养分

状况及主要障碍因子[J].土壤通报,1997,28(3):119-120.

- [5] 李淑芬,张庆利.深耕后累积降雨量对沿海壤沙土紧实度的影响[J].水土保持科技情报,2003,(4):28-30.
- [6] 刘宁,李新举,郭斌,等.机械压实过程中复垦土壤紧实度影响因素的模拟分析[J].农业工程学报,2014,30(1):184-190.
- [7] 张兴义,隋跃宇.土壤压实对农作物影响概述[J].农业机械学报,2005,36(10):161-164
- [8] Mari G R,姬长英,周俊.土壤压实对土壤物理性质及小麦氮磷钾吸收的影响[J].农业工程学报,2008,24(1):74-79.
- [9] 王恩旭,柴亚凡,陈祥伟.大机械作业对黑土区耕地土壤结构性特征的影响[J].应用生态学报,2008,19(2):351-356.
- [10] 杨青,朱瑞祥,张捷,等.陕西省农业机械化对农业生产贡献率的研究[J].农业工程学报,2000,16(6):64-67.
- [11] 李竹,王龙昌.陕西省农业可持续发展能力主成分分析[J].干旱地区农业研究,2007,25(2):180-184.
- [12] 张育林,王益权,胡海燕,等.陕西关中地区农田土壤物理状态初探[J].干旱地区农业研究,2011,29(1):75-79.
- [13] 郭兆元,黄自立,冯立孝.陕西土壤[M].北京:科学出版社,1992:318-321
- [14] E. B. Шенн, В. М. Гончаров. Агрофизика Высшее образование [M]. Москва:Издательство Феникс, 2006.
- [15] Brereton J C, McGowan M, Dawkins T C K. The relative sensitivity of spring barley spring field beans and sugar beets to soil compaction[J]. Field Crops Research, 1986,13:223-237.
- [16] 黄细喜.土壤紧实度及层次对小麦生长的影响[J].土壤学报,1988,25(1):59-65.
- [17] 宋家祥,庄恒扬,陈后庆,等.不同土壤紧实度对棉花根系生长的影响[J].作物学报,1997,23(6):719-726.
- [18] Taylor I B, Hussain A, Black C R, et al. Soil compaction: A role for ethylene in regulating leaf expansion and shoot growth in tomato [J]. Plant Physiol, 1999,121:1227-1237.
- [19] 黄细喜,刘世平.不同耕作对土壤紧实度和小麦根系生长的影响[J].上海农业学报,1989,5(1):61-66.

(上接第 30 页)

- [11] 王宏伟,张连忠,路克国.有机肥对红富士苹果生长及品质的影响[J].安徽农业科学,2002,37(28):13572-13573.
- [12] 李庆军,陈宝江,李建军,等.“国光”苹果树施用生物有机肥试验初报[J].北方果树,2010,3(2):7-9.
- [13] 黄爱星.琯溪蜜柚施用有机肥试验初报[J].福建果树,2011,(4):21-22.
- [14] 冯启云,孙红超,王广玉.几种生物有机肥对果树生长发育的影响[J].北方果树,2005,11(6):7-8.
- [15] 高晓燕,李天忠,李松涛,等.有机肥对梨果实品质及土壤理化性状的效应[J].中国果树,2007,(5):26-28.
- [16] 刘艳,高遐虹,姚允聪.不同植物源有机肥对沙质土壤黄金梨幼树营养效应的研究[J].中国农业科学,2008,41(8):2546-2553.
- [17] 秦玲,魏钦平,李嘉瑞,等.根区不同改土模式对葡萄根区生长的影响[J].中国农学通报,2005,21(7):270-272.
- [18] 习金根,周文钊,石伟琦,等.部分根系施肥对剑麻植株和根系生长的影响[J].安徽农业科学,2009,37(29):14171-14172.
- [19] 原丽娜,胡田田.局部施氮对玉米生理生化特性和产量的影响[J].干旱地区农业研究,2008,26(4):49-52.
- [20] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等.分区平衡施肥技术对氮肥利用率和土壤养分平衡的影响[J].土壤肥料,2002,(6):3-7.
- [21] 李晓华.梯田玉米有机肥最佳施用量的研究[J].生态农业研究,2000,8(3):44-46.
- [22] Dave Swift. Excess organic matter is no laughing matter at the straits [J]. Usqa Green Section Record, 2005,43(1):14-17.
- [23] 时晓伟,洪霞.小麦早熟高产品种光合生理特性分析[J].华北农学报,2002,17(2):5-10.
- [24] 姜霞,张喜,谢双喜,等.木兰科主要树种幼苗的光合生理特征比较[J].贵州农业科学,2005,33(3):12-15.
- [25] 金剑,刘晓冰,王光华,等.水肥耦合对春小麦群体叶面积及产量的影响[J].吉林农业大学学报,2005,27(3):241-244,247.
- [26] 张依章,张秋英,孙菲菲,等.水肥空间耦合对冬小麦光合特性的影响[J].干旱地区农业研究,2006,24(2):57-60.