

doi:10.11937/bfyy.20172184

滴灌频率和灌水量对‘黄冠’梨生长与果实品质的影响

段鹏伟, 程福厚

(河北工程大学 园林与生态工程学院, 河北 邯郸 056001)

摘 要:为提高梨果产量和品质,2016年3—11月在河北工程大学现代农业示范培训基地以4年生‘黄冠’梨为试材进行田间试验,研究了滴灌模式下,灌溉频率(每隔10、20、30 d灌水一次)和灌水量(当期净蒸发量的20%、40%、60%)对梨园土壤含水量、梨树新梢生长量、叶片光合指标、果实产量与品质、吸收根分布与数量的影响。结果表明:20 d一次的滴灌频率下,梨树的土壤含水量、新梢生长量、叶片净光合速率、蒸腾速率、果实产量和可溶性糖含量均高于10 d一次和30 d一次的滴灌频率,其中净光合速率高出6.23%、10.45%,蒸腾速率高出15.33%、20.56%,产量高出18.76%、18.99%,可溶性糖含量高出20.70%、13.46%,差异显著。在60%净蒸发补偿灌水量处理下,梨树的土壤含水量、净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间CO₂浓度、单果质量均高于20%和40%净蒸发补偿灌水量,其中光合指标差异显著;产量上,40%净蒸发补偿灌水量高于其它2个处理;品质上,20%净蒸发补偿灌水量的果实可溶性糖、维生素C、可滴定酸含量高于其它2个处理,其中可溶性糖含量高出8.57%和12.92%,差异显著。综上,20 d一次为梨园最佳的滴灌频率,40%净蒸发补偿灌水量能保证较高的产量和较好的果实品质。

关键词:梨;滴灌频率;灌水量;生长;品质

中图分类号:S 661.207⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)20-0046-08

中国是世界上梨树种植规模最大、产量最高的国家。据统计2005—2014年梨树的年平均用水量位居各果树树种之首^[1],目前生产中灌溉方式以大水漫灌为主,水分利用率低,滴灌是水分利用效率最高的灌溉方式。王伟军等^[2]对杏树水分

利用效率研究发现,滴灌比常规灌溉节约灌水量达49.85%。王志平等^[3]通过2种灌溉模式对苹果产量、品质、水分利用的影响进行了研究,表明滴灌比畦灌节水37%,产量增加45.1%。武阳等^[4]研究了调亏灌溉对滴灌成龄香梨果树生长及果实产量的影响。徐典保^[5]研究表明黄冠梨滴灌技术较沟灌具有更好的节水、省工效率。邓忠^[6]发现滴灌显著促进了库尔勒香梨枝条粗度的增加。该领域的学者主要是通过改变灌溉方式和灌溉量进行的研究,表明滴灌在节水、促进果树生长、提高果实品质方面有较大优势^[2-11]。现阶段对苹果、葡萄和枣等果树^[12-14]的滴灌研究较多,缺乏对梨树滴灌频率和滴灌量的具体研究。该试验在程福厚等^[15-17]研究梨树耗水规律的基础上,以4年生密植‘黄冠’梨为试材,研究滴灌对梨园

第一作者简介:段鹏伟(1993-),男,河北邯郸人,硕士研究生,研究方向为农业推广(园艺)。E-mail:329678681@qq.com

责任作者:程福厚(1964-),男,河北河间人,硕士,教授,硕士生导师,现主要从事果树节水灌溉原理与技术的教学与科研等工作。E-mail:cheng-fh@163.com

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31370459);公益性行业(农业)科研专项资助项目(201303133);河北省现代农业科技奖励性后补助资金资助项目(16927632H)。

收稿日期:2017-07-10

土壤含水量、梨树新梢生长量、叶片光合生理指标、果实产量与品质、吸收根分布与数量的影响,以期为制订节水灌溉制度、实现密植梨的优质生产提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

田间试验于 2016 年在河北工程大学现代农业示范培训基地进行。该区域属半干旱大陆季风气候,多年平均降水量为 503.5 mm,其中 7—9 月降水占全年总降水量的 62.3%,年太阳辐射总量为 $5\,200\text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。田间土壤质地为壤土,土壤容重为 $1.33\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,田间持水率为 24.2%,有机质含量 1.2%,土壤 pH 7.3。

1.2 试验材料

供试材料为 4 年生‘黄冠’梨,行株距为 $2.0\text{ m}\times 0.6\text{ m}$,选择干周、长势相近,生长良好的梨树为样木。为避免试材间根系和灌水相互影响,在行中间铺设 1 m 深的双层塑料布。除试验

处理要求外,其它管理技术保持一致。

1.3 试验方法

采用单因素随机区组试验设计,采用滴灌模式对梨树进行灌溉,沿树行铺设滴灌带,将滴灌带固定在距地面 30 cm 的位置上,每株树留 2 个滴头。每组边缘 2 株为保护株,中间 6 株为试验株。灌溉水源为地下水,净蒸发量通过田间小型蒸发仪测得,从坐果期至果实生长期,按照试验设计进行滴灌(期间的降雨量超过应灌溉量不再灌溉),用水表控制灌溉量。

灌溉频率设为 3 个处理:高频灌溉 T1,每隔 10 d 灌水一次;中频灌溉 T2,每隔 20 d 灌水一次;低频灌溉 T3,每隔 30 d 灌水一次。灌水量为该阶段净蒸发量的 40%,净蒸发量根据每天读取该园蒸发皿的实际蒸发量累加得出。

灌水量设置 3 个处理:少量灌水 Q1,灌水量为当期净蒸发量的 20%;中量灌水 Q2,灌水量为当期净蒸发量的 40%;大量灌水 Q3,灌水量为当期净蒸发量的 60%。均为 20 d 滴灌一次。

表 1

试验区气象因子及不同处理的单株灌水量

Table 1 Meteorological factors in test area and irrigation volumes per plant of different treatments

| 日期 | 当期净蒸发量 | 单株灌水量 Irrigation volume/m ³ | | | | |
|------------|----------------------------|--|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| Date/(月-日) | Current net evaporation/mm | 高频灌溉 (T1) | 少量灌水 (Q1) | 中频灌溉 (T2)& 中量灌水 (Q2) | 大量灌水 (Q3) | 低频灌溉 (T3) |
| 04-18 | 21.6 | 0.010 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 04-28 | 13.3 | 0.006 | 0.008 | 0.016 | 0.024 | 0 |
| 05-08 | 16.7 | 0.008 | 0 | 0 | 0 | 0.024 |
| 05-18 | 45.9 | 0.022 | 0.015 | 0.030 | 0.045 | 0 |
| 05-28 | 41.2 | 0.020 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06-07 | 13.9 | 0.006 | 0.013 | 0.026 | 0.039 | 0.048 |
| 06-17 | 32.8 | 0.017 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 06-27 | 23.8 | 0.011 | 0.014 | 0.028 | 0.042 | 0 |
| 07-07 | 29.6 | 0.014 | 0 | 0 | 0 | 0.042 |
| 07-17 | －30.4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 07-27 | －34.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 08-06 | －7.5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

1.4 项目测定

1.4.1 土壤含水量

在灌溉前 1 d 和灌溉后 3 d 于灌溉区树冠外围与树干间取土样,每 30 cm 取 1 个土样,取土深度为 90 cm,即 0~30、30~60、60~90 cm。用烘干法测定土壤含水量。土壤含水量(%)=(原土质量-烘干土质量)/烘干土质量 $\times 100$ 。

1.4.2 新梢生长量

在生长期每月测量一次外围新梢长度,每株树在树冠外围不同部位选取 10 个新梢,每区组随机选取 4 株树作样本。

1.4.3 叶绿素荧光参数

4—7 月随机选取每区组 4 株树上的 8 片成熟树叶,采用便携式叶绿素荧光仪,每隔 20 d 测定一次光系统 II 最大光化学效率(F_v/F_m)。

1.4.4 光合生理指标

从花后 15 d 到果实成熟期,每隔 20 d 在每区组中随机选取 4 株样木的树冠外围上 2 片成熟叶片,10:00—16:00 用英国 PP SYS-TEMS 公司生产的 CIRAS-2 便携式光合系统测定净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)。

1.4.5 果实产量和品质

采收期调查单株产量,统计不同处理的果实产量;用折光仪测定果实可溶性固形物含量;用 GY-1 型果实硬度计测定果实硬度;2,6-二氯酚滴定法测定维生素 C 含量;蒽酮比色法测定果实可溶性糖含量;中和滴定法测定果实可滴定酸含量。

1.4.6 根系数量

采收期结束后,在灌溉区域采集梨树根系样本。取样工具为取土钻,内径为 35 mm。在距梨树干 50 cm 处选择均匀分布的 3 个点分别取样,取样深度为 90 cm,每 30 cm 为 1 个样本,对样本中吸

收根(直径 <2 mm)的数量进行统计。

1.5 数据分析

采用 Excel 和 DPS 7.05 软件对试验数据进行处理。

2 结果与分析

2.1 滴灌频率对梨树生长和果实发育的影响

2.1.1 滴灌频率对土壤含水量的影响

如表 2 所示,在土壤表层(0~30 cm),T1 土壤含水量最高,高于 T2,显著高于 T3,表明滴灌频率越高,土壤表层含水量也相对越高;在亚表层(30~60 cm),T2 土壤含水量最高,T3 高于 T1,三者差异不显著,各处理土壤含水量都达到最大值;在土壤深层(60~90 cm),T2 土壤含水量为最高,高于 T3,显著高于 T1,表明 T2 处理下土壤的贮水保水能力更强。综合来看,在梨树根系集中分布层(0~90 cm),不同灌溉频率的平均土壤含水量差异不显著,T2 土壤含水量最高,T1 高于 T3。

表 2 不同滴灌频率的土壤含水量

Table 2 Soil water contents of different drip irrigation frequencies

| 土层深度 Soil depth/cm | 土壤含水量 Soil water content/% | | |
|-----------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| | 高频灌溉(T1) | 中频灌溉(T2) | 低频灌溉(T3) |
| 0~30 | 14.28±0.33a | 13.90±0.88ab | 13.25±0.52b |
| 30~60 | 15.05±0.11a | 15.52±1.77a | 15.20±0.72a |
| 60~90 | 12.49±0.33b | 13.28±1.01a | 12.71±0.42ab |
| 平均值 Average | 13.94a | 14.23a | 13.72a |

注:不同小写字母表示在 $P \leq 0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 5% level. The same below.

2.1.2 滴灌频率对新梢生长量的影响

由图 1 可知,T2 新梢生长量高于 T1,显著高于 T3,T1 与 T2、T3 差异均不显著。在 4 月 28 日,T1、T2 和 T3 新梢生长量分别是 31.7、32.5、24.9 cm;7 月 28 日,新梢生长量分别达到 44.5、46.7、36.1 cm,增长长度分别为 12.8、14.2、11.2 cm。表明 T2 更适合新梢的生长。

2.1.3 滴灌频率对叶片光合指标的影响

从表 3 叶片 PSII 最大光化学效率来看,不同滴灌频率之间差异很小且不显著。从光合特性指标来看,T2 叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度均为最大,显著高于 T1 和 T3。净光合速率和蒸腾速率上,T1 高于 T3,差异不显

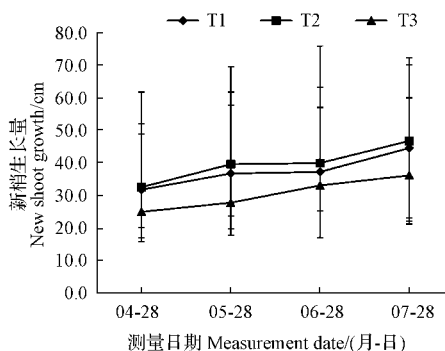


图 1 不同滴灌频率对新梢生长量的影响
Fig. 1 Effects of different drip irrigation frequencies on new shoot growth

著;气孔导度和胞间 CO₂ 浓度,T3 高于 T1,差异不显著。表明 T2 的叶片光合指标显著优于 T1 和 T3。

2.1.4 灌溉频率对果实产量的影响

从表 4 可以看出,不同灌溉频率之间,T1 灌溉处理的单果质量最大,为 297.92 g,显著高于 T3。其次为 T2,单果质量为 265.63 g,T2 与 T1

和 T3 的单果质量无显著差异。结果数量上来看,T2 最多,T3 次之,T1 最少,三者差异不显著。在产量方面,T2 最高,单株产量达到 5.70 kg,显著高于 T1 和 T3,其折合公顷产量也为最高。与其土壤含水量较适宜,梨树根系的水肥气平衡有关。

表 3 不同滴灌频率的叶片光合指标

Table 3 Photosynthetic indices of leaves at different drip irrigation frequencies

| 处理 Treatment | 最大光化学效率 Fv/Fm | 净光合速率 P _n /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹) | 蒸腾速率 T _r /(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) | 气孔导度 G _s /(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) | 胞间 CO ₂ 浓度 C _i /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---|--|--|---|
| 高频灌溉(T1) | 0.82±0.12a | 9.15±0.79b | 3.00±0.36b | 37.65±6.38b | 305.5±6.47b |
| 中频灌溉(T2) | 0.80±0.11a | 9.72±0.85a | 3.46±0.44a | 47.15±5.22a | 342.0±13.34a |
| 低频灌溉(T3) | 0.82±0.13a | 8.80±0.76b | 2.87±0.41b | 37.90±6.17b | 310.5±14.94b |

表 4 不同灌溉频率对果实产量的影响

Table 4 Effects of different irrigation frequencies on fruit yield

| 处理 Treatment | 单果质量 Single fruit weight/g | 单株挂果数 Fruiting fruit per plant/个 | 单株产量 Production per plant/kg | 折合公顷产量 Equivalent to hectare production/t |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| 高频灌溉(T1) | 297.92±19.39a | 16.10±12.19a | 4.80±0.31b | 40.89 |
| 中频灌溉(T2) | 265.63±50.12ab | 21.55±9.38a | 5.70±1.08a | 48.56 |
| 低频灌溉(T3) | 246.46±58.20b | 19.45±11.33a | 4.79±1.13b | 40.81 |

2.1.5 灌溉频率对果实品质的影响

表 5 表明,T2 的可溶性固形物含量、果实硬度均高于其它处理,差异不显著;维生素 C 含量,T1 高于 T3,T2 最低,三者无显著差异;T2 的可

溶性糖含量显著高于 T3 和 T1;可滴定酸含量上,T2 最高,T3 次之,二者差异不显著,均显著高于 T1;糖酸比上,三者相差不大。可见,T2 处理下果实品质总体上优于其它处理。

表 5 不同灌溉频率对果实品质的影响

Table 5 Effects of different irrigation frequencies on fruit qualities

| 处理 Treatment | 可溶性固形物含量 Soluble solids content/% | 果实硬度 Fruit hardness/(kg·cm ⁻²) | 维生素 C 含量 Vitamin C content/(mg·kg ⁻¹) | 可溶性糖含量 Soluble sugar content/% | 可滴定酸含量 Titratable acid content/% | 糖酸比 Sugar acid ratio/% |
|-----------------|--------------------------------------|---|--|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 高频灌溉(T1) | 11.47±1.45a | 6.04±1.82a | 6.02±0.79a | 8.31±1.14c | 0.14±0.03b | 59.36 |
| 中频灌溉(T2) | 12.05±1.12a | 6.17±1.23a | 5.63±1.26a | 10.03±1.13a | 0.17±0.02a | 59.00 |
| 低频灌溉(T3) | 11.68±1.75a | 6.16±0.94a | 5.91±1.13a | 8.84±1.17b | 0.15±0.03a | 58.93 |

2.1.6 灌溉频率对吸收根分布数量的影响

由图 2 可知,从总数来看,T3 吸收根数量最多,差异显著,分别比 T2 和 T1 高出 11.1%和 18.8%,T3 的吸收根主要分布在 30~60 cm 的亚表层土壤,占其总量的 56.1%;表层和深层土壤分别占到 32.7%和 11.2%。T3 表层吸收根显著较少,说明梨树根系在相对水分亏缺胁迫条件下,

诱导梨树生长向深层生长,生长吸收根。表层土壤较长时间水分亏缺严重,不利于发生新根,土壤亚表层显著较多,表明该层土壤的条件更有利于产生更多的吸收根。T1 在 0~30 cm 的土壤表层,根系数量占到总数的 60.1%;在亚表层(30~60 cm)土壤,根系数量占到 35.9%;在 60~90 cm 深度范围内,根系数量只有 4%。说明该处理表

层土壤水分条件较适宜,亚表层和深层土壤水分处在相对亏缺胁迫状态,不利于发生吸收根。T2的吸收根在土壤表层和亚表层分布数量较为平均,分别占总数的46.5%和48.6%。表明灌溉频率对梨树吸收根数量和分布具有较大影响。

2.2 滴灌水量对梨树生长和果实发育的影响

2.2.1 滴灌水量对土壤含水量的影响

如表6所示,在土壤表层(0~30 cm),Q1的土壤含水量最高,Q2最低,三者差异很小且不显著;在亚表层(30~60 cm),Q3土壤含水量最高,Q2高于Q1,三者差异不显著,各处理土壤含水量都达到最大值;在土壤深层(60~90 cm),Q3土壤含水量仍为最高,高于Q2,显著高于Q1。综合

来看,Q3的土壤含水量比Q2和Q1分别高出3.7%和5.1%,这与灌溉量有直接关系。

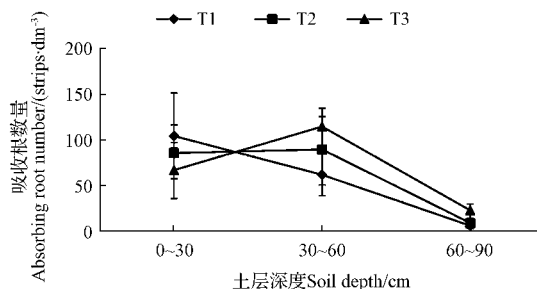


图2 不同滴灌频率对吸收根数量的影响

Fig. 2 Effects of different drip irrigation frequencies on absorbing root number

表6

不同滴灌水量的土壤含水量

Table 6 Soil water contents of different drip irrigation quantities

| 土层深度 Soil depth/cm | 土壤含水量 Soil water content/% | | |
|-----------------------|----------------------------|--------------|-------------|
| | 少量灌水(Q1) | 中量灌水(Q2) | 大量灌水(Q3) |
| 0~30 | 13.11±2.61a | 12.96±2.39a | 13.08±1.14a |
| 30~60 | 14.29±2.85a | 14.63±4.75a | 15.25±1.45a |
| 60~90 | 12.24±1.32b | 12.56±1.11ab | 13.31±1.37a |
| 平均值 Average | 13.21a | 13.38a | 13.88a |

2.2.2 滴灌水量对叶片光合指标的影响

由表7可知,Q1的叶片PSII最大光化学效率高于Q3和Q2,差异不显著。Q3的叶片净光合速率高于Q2,显著高于Q1。蒸腾速率和气孔导度方面,Q3均显著高于Q2和Q1,其中Q2高

于Q1,二者差异不显著。从胞间CO₂浓度来看,Q3叶片仍为最高,Q2次之,Q1最低,三者差异不显著。表明在一定范围内,灌水量对‘黄冠’梨叶片的光合指标有较大影响,灌水量越大,其光合作用也越强。

表7

不同滴灌水量的叶片光合指标

Table 7 Photosynthetic indices of leaves under different drip irrigation quantities

| 处理 Treatment | 最大光化学效率 Fv/Fm | 净光合速率 P _n /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹) | 蒸腾速率 T _r /(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) | 气孔导度 G _s /(mmol·m ⁻² ·s ⁻¹) | 胞间CO ₂ 浓度 C _i /(μmol·m ⁻² ·s ⁻¹) |
|-----------------|------------------|---|--|--|--|
| 少量灌水(Q1) | 0.85±0.09a | 8.15±0.71b | 2.44±0.49b | 39.63±5.67b | 315.00±6.83a |
| 中量灌水(Q2) | 0.80±0.12a | 9.72±0.56a | 3.14±0.54b | 44.01±4.72b | 340.33±13.34a |
| 大量灌水(Q3) | 0.83±0.08a | 10.10±0.60a | 4.32±0.41a | 58.15±5.66a | 393.75±14.91a |

2.2.3 滴灌水量对果实产量的影响

由表8可以看出,不同灌水量之间,Q3的单果质量为306.88 g,高于Q2和Q1,三者差异不显著。单株挂果数量上来看,Q2最高,其次为Q3,三者无显著差异。在产量方面,Q2单株产量达到5.59 kg,Q3单株产量为4.96 kg,二者均显著高于Q1的单株产量4.13 kg。说明适宜的灌水量能够有效提高‘黄冠’梨果实产量。

2.2.4 滴灌水量对果实品质的影响

由表9可以看出,不同灌水量对果实品质的影响,除了果实硬度和糖酸比以外,Q1的果实品质指标均高于Q2和Q3。可溶性固形物含量上,Q1、Q2、Q3依次降低,差异不显著;果实硬度方面,Q3高于Q1,Q2最低,差异不显著;维生素C含量大小顺序为Q1>Q3>Q2,差异不显著;可溶性糖含量方面,Q1显著高于Q2和Q3,Q2、Q3之

表 8 不同滴灌水量对果实产量的影响

Table 8 Effects of different irrigation quantities on fruit yield

| 处理 Treatment | 单果质量 Single fruit weight/g | 单株挂果数 Fruiting fruit per plant/个 | 单株产量 Production per plant/kg | 折合公顷产量 Equivalent to hectare production/t |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--|
| 少量灌水(Q1) | 278.54±28.08a | 14.81±10.06a | 4.13±0.42b | 35.19 |
| 中量灌水(Q2) | 287.63±17.97a | 19.44±14.38a | 5.59±0.35a | 47.63 |
| 大量灌水(Q3) | 306.88±30.12a | 16.19±18.24a | 4.96±0.49a | 42.26 |

表 9 不同滴灌水量对果实品质的影响

Table 9 Effects of different irrigation quantities on fruit qualities

| 处理 Treatment | 可溶性固形物含量 Soluble solids content/% | 果实硬度 Fruit hardness /(kg·cm ⁻²) | 维生素 C 含量 Vitamin C content /(mg·kg ⁻¹) | 可溶性糖含量 Soluble sugar content/% | 可滴定酸含量 Titratable acid content/% | 糖酸比 Sugar acid ratio/% |
|-----------------|---|---|--|--------------------------------------|--|------------------------------|
| 少量灌水(Q1) | 12.37±1.13a | 6.00±1.80a | 5.80±0.80a | 10.90±1.20a | 0.17±0.03a | 64.12 |
| 中量灌水(Q2) | 12.15±1.55a | 5.74±0.94a | 5.58±1.09a | 10.04±1.13b | 0.16±0.02a | 62.75 |
| 大量灌水(Q3) | 11.79±1.29a | 6.05±1.35a | 5.63±1.28a | 9.67±1.19b | 0.15±0.02b | 64.47 |

间差异不显著;可滴定酸含量上,Q1 高于 Q2,差异不显著,二者显著高于 Q3。表明 Q1 的果实品质总体上优于其它处理,这是由于果实采收前需要降低土壤的含水量,以促进果实着色和光合物质的积累。

2.2.5 滴灌水量对吸收根分布数量的影响

由图 3 可知,从总量上来看,Q1 的吸收根数量高于 Q2,高于 Q3,差异不显著;三者的吸收根大多分布在土壤表层和亚表层。在表层土壤中,Q1 吸收根数量最多,其次为 Q3,Q2 最少;在亚表层土壤中,Q2 的吸收根数量最多,其次为 Q1,Q3 最少;在深层土壤中,Q1 和 Q3 吸收根数量基本持平,Q2 略低。土层由浅到深,Q1 的吸收根分布占比分别为 53.3%、40.0%、6.7%;Q2 的吸收根分布占比为 46.8%、48.2%、5%;Q3 的吸收根分布占比为 54.1%、38.1%和 7.8%。表明不同

灌水量对梨树的吸收根数量和分布有一定影响。

3 讨论

3.1 滴灌频率对梨树生长和果实发育的影响

滴灌频率对土壤含水量、叶片光合特性、产量影响较大^[19]。该试验中,20 d 一次(中频)的滴灌方式,其梨树的土壤含水量、新梢生长量、叶片净光合速率、蒸腾速率均高于 10 d 一次(高频)和 30 d 一次(低频),表明树体生长指标和光合特性指标随着滴灌频率的增加,呈现出先升后降的趋势,这与前人的研究结果相一致^[19-21]。不同灌溉频率下同化物向营养器官分配的比例不同^[22],这可能是随灌溉间隔时间的延长,导致表层吸收根的数量减少,而亚表层和深层吸收根的数量显著增多的原因。

从试验数据来看,梨的单果质量随着灌溉频率的增大而增大。果实产量随灌溉频率的增加,呈“抛物线”型变化^[23],20 d 一次(中频)灌溉处理下,其果实的产量和可溶性糖含量均高于 10 d 一次(高频)和 30 d 一次(低频)。滴灌频率对果实维生素 C 含量没有明显影响^[24],该试验三者维生素 C 含量差异不显著。果实膨大期和成熟期,中频和低频处理较好^[25],可滴定酸含量 10 d 一次(高频)的最低,与其它 2 组差异显著。对确定梨果实发育的不同时期的适宜滴灌频率还有待进一步研究。

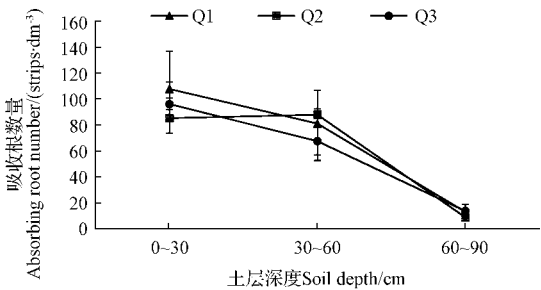


图 3 不同滴灌水量对吸收根数量的影响

Fig. 3 Effects of different irrigation quantities on absorbing root number

3.2 滴灌水量对梨树生长和果实发育的影响

滴灌灌水量对成龄果树生长具有显著影响^[26]。该试验表明,大量灌水下,净光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间 CO_2 浓度均为最大,说明在一定范围内,较大的灌水量对梨树的生长有很大的促进作用^[27-28]。

不同滴灌灌水量处理下,梨树果实的体积和品质都有所不同^[29]。该试验表明,一定范围内,梨单果质量随着灌水量的增加而增加,但产量并未随着灌水量的增多而呈线性提高^[30]。中量灌水产量最高,表明超过一定范围,随着灌水量的增加,产量有所下降^[31]。这与随灌水量的增加,树体营养生长旺盛,过旺的营养生长抑制了果实生长和花芽形成有关。在果实品质指标上,滴灌灌水量对梨的食用品质有显著影响^[30]。少量灌水显著优于中量和大量灌水处理,说明采收前应该适当减少灌溉量,灌水量的增大一方面影响了梨树根系的生长发育,另一方面由于果实的大量吸水而降低果实可溶性固形物含量有关。

4 结论

该研究结果表明,灌水量相同条件下,20 d 一次的滴灌频率能促进梨树生长、提高果实品质。20%净蒸发补偿灌水量能提高果实品质;40%净蒸发补偿灌水量能提高果实产量;60%净蒸发补偿灌水量能提高梨树的光合作用。综合看来,40%净蒸发补偿灌水量既能提高果实产量,果实品质较好,是适宜的灌水量。较低的滴灌频率和较少的滴灌量可以促进梨树吸收根数量的增长。

参考文献

- [1] 杜纪壮,程福厚. 果园节水灌溉理论与实践[M]. 北京:金盾出版社,2016:8-9.
- [2] 王伟军,王红,张爱军,等. 不同灌溉保墒措施对杏园土壤水分动态及耗水量的影响[J]. 北方园艺,2011(12):1-4.
- [3] 王志平,周继华,张立秋,等. 环绕滴灌施肥对苹果产量、品质和水分利用的影响[J]. 中国园艺文摘,2013(4):1-3.
- [4] 武阳,王伟,雷廷武,等. 调亏灌溉对滴灌成龄香梨果树生长及果实产量的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(21):118-122.
- [5] 徐典保. 2012年黄冠梨沟灌、滴灌灌溉制度试验总结[J]. 干旱农业技术,2013(5):13-14.
- [6] 邓忠. 滴灌方式下库尔勒香梨生长特性及产量和品质试验研究[C]//现代节水高效农业与生态灌区建设(上),2010:9.

- [7] 路超,王金政,薛晓敏,等. 不同灌溉方式对苹果树生长发育及果实产量和品质的影响[J]. 山东农业科学,2009(8):40-42.
- [8] 魏雅芬,张春满,王颖,等. 不同灌溉方式下果园土壤水分分布规律及合理灌溉研究[J]. 北方园艺,2017(3):178-181.
- [9] 程平,李长城,李宏,等. 不同灌溉方式对于干旱区枣树树干液流特征及果实品质的影响[J]. 浙江农业学报,2017(1):64-72.
- [10] 王增丽,朱兴平,温广贵. 不同灌溉方式对制种玉米产量及水分利用效率的影响[J]. 节水灌溉,2017(1):12-15.
- [11] 杨九刚,何继武,马英杰,等. 灌水频率和灌溉定额对膜下滴灌棉花生长及产量的影响[J]. 节水灌溉,2011(3):29-32.
- [12] 李怀有,王斌,梁金战. 苹果滴灌灌水定额试验研究[J]. 节水灌溉,1999(6):23-25,36.
- [13] 王永杰,张江辉,王全九,等. 极端干旱区滴灌葡萄适时控制灌溉试验研究[J]. 灌溉排水学报,2013(3):101-104.
- [14] 姚鹏亮,董新光,郭开政,等. 滴灌条件下干旱区枣树根区的土壤水分动态模拟[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011(10):149-156.
- [15] 程福厚,张纪英,陈敬谊,等. 灌溉方式对地表蒸发和梨果实发育的影响[J]. 中国农学通报,2017(4):80-84.
- [16] 程福厚,杨俊杰,赵志军,等. 影响鸭梨产量品质的外界因素分析[J]. 北方园艺,2012(4):13-16.
- [17] 程福厚,苑春华,张纪英,等. 施肥和灌水对核桃产量和生长的影响[J]. 中国农学通报,2012(1):269-272.
- [18] 陈晓东. 花生饱果期适宜滴灌方式和滴灌量及产量效应研究[D]. 泰安:山东农业大学,2015.
- [19] 刘炼红,李小玲,吴梅梅,等. 亏缺灌溉西瓜营养生长期适宜滴灌频率研究[J]. 中国农学通报,2015(25):79-84.
- [20] 孙丽丽,邹志荣,韩丽蓉,等. 营养液滴灌频率对设施番茄生长与果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2015(3):119-124.
- [21] 符崇梅,魏野畴,李娟,等. 不同灌溉量、滴灌频率及水肥耦合对洋葱产量和水分利用率的影响[J]. 节水灌溉,2011(8):36-39,42.
- [22] 王肖娟,危常州,陈林. 不同灌溉频率对滴灌棉花生长及产量的影响研究[J]. 新疆农垦科技,2014(7):55-58.
- [23] 窦超银,孟维忠,佟威,等. 风沙土玉米膜下滴灌适宜灌溉频率试验研究[J]. 灌溉排水学报,2016(2):13-17.
- [24] 万书勤,康跃虎,刘士平. 华北平原滴灌灌溉频率对萝卜生长的影响[J]. 灌溉排水学报,2003(2):26-30.
- [25] 李波,黄修桥,徐建新,等. 不同滴灌频率对大田覆膜小西瓜生长特性及品质的影响[J]. 节水灌溉,2016(4):50-53.
- [26] 何建斌,王振华,何新林,等. 极端干旱区不同灌水量对滴灌葡萄生长及产量的影响[J]. 农学学报,2013(2):65-69.
- [27] 吴军虎,陶汪海,赵伟,等. 微咸水膜下滴灌不同灌水量对盐运移和棉花生长的影响[J]. 水土保持学报,2015(3):272-276,329.
- [28] 郑国琦,张磊,郑国保,等. 不同灌水量对于干旱区枸杞叶片结构、光合生理参数和产量的影响[J]. 应用生态学报,2010(11):2806-2813.
- [29] 晏清洪,王伟,任德新,等. 滴灌湿润比对成龄库尔勒香梨生

长及耗水规律的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011(1): 7-13.

[30] 于金刚, 王敏, 李援农, 等. 不同滴灌制度对梨枣食用品质的影响[J]. 节水灌溉, 2010(12): 19-23.

[31] 张陆军, 汪有科, 辛小桂, 等. 山地梨枣树涌泉根灌适宜布置方式与灌水量研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010(3): 211-217.

Effects of Drip Irrigation Frequency and Amount on Growth and Fruit Quality of ‘Huangguan’ Pear

DUAN Pengwei, CHENG Fuhou

(College of Landscape and Ecological Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056001)

Abstract: In order to improve the yield and quality of pear, the field experiment was conducted in the base of modern agriculture demonstration training of Hebei University of Engineering from March to November in 2016 with 4 years old ‘Huangguan’ pear. In the drip irrigation mode, the effects of irrigation frequency (once 10, 20, 30 days) and amount (20%, 40%, 60% net evaporation compensation irrigation) on the soil moisture content, the new shoot growth, the photosynthetic index, yield and fruit quality, the distribution and number of absorbing root were studied. The results showed that under the drip irrigation frequency of once 20 days, the soil moisture content, new shoot growth, net photosynthetic rate, transpiration rate, yield and soluble sugar content were higher than these of once 10 or 30 days. The net photosynthetic rate of once 20 days was 6.23% higher than that of once 10 days, and 10.45% higher than that of once 30 days. The transpiration rate of once 20 days was 15.33% higher than that of once 10 days, and 20.56% higher than that of once 30 days. The yield of once 20 days was 18.76% higher than that of once 10 days, and 18.99% higher than that of once 30 days. The soluble sugar contents of once 20 days was 20.70% higher than that of once 10 days, 13.46% higher than that of once 30 days, and they were significantly different. Under the 60% net evaporation compensation irrigation processing, the soil water content, net photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, intercellular CO₂ concentration, fruit weight were higher than these of 20% and 40% net evaporation compensation irrigation. The photosynthetic indicators were significantly different. The yield of 40% net evaporation compensation irrigation was higher than that of other treatments. In the fruit quality, the soluble sugar, vitamin C, titrable acid contents of 20% net evaporation compensation irrigation was higher than that of other treatments. The soluble sugar content of 20% net evaporation compensation irrigation was 8.57% higher than that of the 40% and 12.92% higher than that of the 60%, and the differences were significant. In summary, the best drip irrigation frequency was once 20 days. 40% net evaporation compensation irrigation could ensure both yield and the quality of pear.

Keywords: pear; drip irrigation frequency; irrigation volume; growth; quality