

丘陵沟壑区苹果树滴灌试验及节灌制度研究

周振民 (华北水利水电学院, 河南郑州 450011)

摘要 [目的] 研究丘陵沟壑区苹果园的节灌制度。[方法] 采用测坑试验和大田试验, 对苹果树进行覆膜、覆草和清耕处理, 确定西北黄土高原区苹果树的耗水规律、灌水定额、灌水次数、最佳灌水关键期及灌水部位、毛管布设方式。[结果] 覆草处理的耗水量和耗水强度最小, 苹果产量最高, 水分生产率最高。3种处理的年耗水量433.5~478.5 mm, 在降水保证率50%的平水年, 盛果期清耕处理滴灌4次为宜, 最佳灌水期为萌芽前、新梢旺长前、果实迅速膨大期和封冻前, 全年灌溉定额1 030 m³/hm², 覆草和覆膜处理的灌溉定额比清耕处理少5%~10%。每个滴头滴水量30 L为次最佳灌水量。毛管布设以果树主干为中心, 成“S”形。[结论] 该研究建立了丘陵沟壑区苹果园滴灌条件下的节灌制度。

关键词 苹果树; 滴灌试验; 分析研究; 西北黄土高原区

中图分类号 S274 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)07-02720-05

Drip Irrigation Test for Apple Trees in Hilly and Gully Region and Study on the Water-saving Irrigation System

ZHOU Zhen-min (North China University of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou, Henan 450011)

Abstract [Objective] The aim of the research was to study the water-saving irrigation system in apple orchard of hilly and gully region. [Method] In test-pit experiment and field experiment, apple trees were treated with mulching film, mulching grass and clean tillage to confirm the water consumption law, irrigation norm, irrigation times, the optimum key irrigation period and the optimum parts of the plants to be irrigated and the layout mode of sub pipes. [Result] In the treatment of mulching grass, water consumption amount and water consumption intensity were least, the yield of apples was highest and water productivity was highest. The annual water consumption amount in 3 treatments were 433.5~478.5 mm. In normal precipitation year with rainfall insurance rate of 50%, drip irrigation for 4 times in full fruit period was suitable. The optimum irrigation period was the time before germination, before the vigorous growth of new shoots, in fruit rapid enlargement stage and before freeze-up. The annual irrigation norm was 1 030 m³/hm². The irrigation norm in the treatments of mulching grass and film were lower 5%~10% than that in the treatment of clean tillage. The optimum water irrigation amount was 30 L water irrigation amount of each emitter. The layout of sub pipes should take the trunk of fruit trees as the center and showed the shape of "S". [Conclusion] The research established a water-saving irrigation system in apple orchard of hilly and gully region under the conditions of drip irrigation.

Key words Apple tree; Drip irrigation test; Analysis and research; Northwest loess plateau

1 材料与方 法

1.1 试验地概况 试验地点位于西北黄土高原甘肃省庆阳地区^[1-2], 海拔1 300 m, 年均降水量561.5 mm, 年蒸发量1 527 mm, 年平均气温8.5℃, 平均无霜期160 d。果园土壤为黑垆土, 土质为粉砂中壤土, 土壤容重1.2~1.3 g/cm³, pH值7.88, 最大田间持水量27%, 腐殖质层厚50~80 cm, 土层深厚, 土质疏松。该园栽植6~10 a生的优质苹果5.7 hm², 主栽品种红富士, 树势健壮, 树姿开张, 树相整齐, 管理规范, 园内有井1眼。1996年建成半固定式滴灌工程。1997年建成滴灌试验小区1.3 hm², 采用大开挖方式建成面积10.0 m²、深度2.0 m的地下全封闭试验测坑2个, 在每个测坑内移植1株7 a生长富2号苹果树, 分别采用覆膜、覆草处理; 采用埋设隔离墙的方法建成面积10.0 m²、无底的试验测坑2个, 在每个测坑内栽植1株7 a生长富2号苹果树, 均采用清耕处理。一共4个测坑参与滴灌试验。

1.2 观测方法

1.2.1 苹果树耗水规律观测。 苹果树的耗水量与品种、树龄、树冠、产量、当地气候状况、土壤因素等均有密切关系^[3]。覆膜处理: 每年春季对测坑施肥、灌水, 修整树盘后覆膜, 布设在有底测坑中; 覆草处理: 每年春季对测坑施肥、灌水, 修整树盘后覆草, 覆草厚度20 cm, 布设在有底测坑中; 清耕处理: 每年春季对测坑施肥、灌水、中耕、锄草, 地表常年保持疏松、无杂草状态。

采用测坑试验和大田试验相结合, 以测坑试验为主的试

验方法, 用水表计测灌水量, 用9109-型查墒仪测定土壤含水率, 用自记雨量计观测降雨量, 用测坑底部的排水口排出的水量确定深层渗漏量等方法, 取得可靠的观测数据, 然后依据水量平衡原理, 分析确定苹果树各物候期的耗水规律^[4]。

根据《灌溉试验规范》(SL13-90)^[5]中的水量平衡计算公式计算各物候期的耗水量。

$$ET_{1-2} = h + M + P + K - C \quad (1)$$

式中, ET_{1-2} 为时段耗水量, mm; M 为时段内灌水量, mm; P 为时段降雨量, mm; K 为时段内地下水补给量, 有底测坑条件下 $K=0$, mm; C 为时段内下层排水量(测坑无地表排水), mm; h 为测坑2.0 m土层内时段始末土壤含水量变化值, “+”表示消耗, “-”表示增加, mm。

$$h = 0.1 \sum_{i=1}^n \rho_i H_i (W_{i1} - W_{i2}) \quad (2)$$

式中, i 为土壤层次号数; n 为土壤层次总数目; ρ_i 为第 i 层土壤干容重, g/cm³; W_{i1} 、 W_{i2} 为第 i 层土壤在时段始、末的重量含水率, %。

1.2.2 苹果树灌水定额、灌水次数、最佳灌水期观测。 根据苹果树需水规律及枝条、果实生长发育特点, 结合当地降水资料, 确定果树滴灌的最佳灌水期、灌水次数、灌水定额等指标。选7 a生长健壮的长富2号苹果树, 在树冠外围选定15个延长枝新梢, 每20 d测定一次枝条长度, 到新梢停止生长为止; 按距离法, 25 cm疏果后在其外围各选定果实15个, 每20 d测定1次纵径、横径, 到采收时为止。

1.2.3 最佳灌水部位观测。 采用半固定式燕山滴灌, 在株行距为3 m×4 m的果园中布设8条内径为10 mm的毛管, 每条毛管有58个0.95 mm微管滴头, 滴头间距0.7 m, 设计灌水定额330.0 m³/hm², 滴头灌水定额50 L/个。试验前首先对

基金项目 水利部重大研究课题(TG0315)。

作者简介 周振民(1953-), 男, 河南封丘人, 博士, 教授, 从事水文水资源和农业水土工程研究。

收稿日期 2007-10-13

层土壤含水量进行测定,地表40 cm内土壤平均含水率降至12%以下,然后进行滴灌湿润土体观察,记载水分在土壤中的移动状况,每个滴头滴水量设定2.5~50.0 L 10个处理水平,每个处理水平开挖8个滴头湿润剖面,求平均值,得到该滴水量时典型湿润剖面。同时选择3~10 a生,同树龄、生长健壮、干周基本一致的4株长富2号果树,在树干南侧和东侧沿90°划线从外向主干附近挖土刨根,调查根系在水平与垂直方向的分布区域及根量。

2 结果与分析

2.1 苹果树耗水规律

2.1.1 苹果物候期的界定。选主栽苹果品种长富2号,1999~

2002年连续4年观察记载其萌芽、新梢生长、落叶物候期和开花、结果物候期^[3],确定红富士在陇东塬区从发芽到落叶的全物候期为216~223 d。为了计算方便,将全物候期分为萌芽期(18 d)、花期(15 d)、新梢旺长期(37 d)、新梢停长期(38 d)、新梢二次生长期(63 d)、果实成熟期(30 d)、落叶期(17 d) 7个物候期。

2.1.2 耗水结果。由表1可知,随着树龄的增长、产量的增加,3种处理的耗水量、耗水强度均增加。在3种处理中,覆草处理的耗水量和耗水强度最小,比清耕处理节水9.39%,覆膜处理的耗水量和耗水强度次之,比清耕处理节水5.85%。

表1 苹果树的耗水量及耗水强度

Table 1 Water consumption and consumption intensity of apple trees

处理 Treatment	耗水量 Water consumption m ³ /株					耗水强度 Water consumption intensity mm/d				
	1999年	2000年	2001年	2002年	平均Mean	1999年	2000年	2001年	2002年	平均Mean
覆草 Grass mulching	3.84	4.28	4.62	4.60	4.34	1.80	1.97	2.13	2.12	2.01
覆膜 Plastic mulching	3.95	4.56	4.74	4.80	4.51	1.85	2.10	2.18	2.21	2.09
清耕 Clean tillage	4.65	4.71	4.91	4.87	4.79	2.17	2.17	2.26	2.25	2.21

由表2可知,在长达218 d的全物候期中,3种处理的年耗水量为433.5~478.5 mm,平均耗水强度为2.01~2.21 mm/d,但各物候期的耗水量差异很大。

2.2 苹果树灌水次数、最佳灌水期及灌水定额

2.2.1 苹果新梢和果实生长动态。长富2号苹果新梢加速

生长期为5月12日~6月11日,生长量占年生长总量的29.7%。6月11日~7月1日为缓慢生长期,而第2次加速生长期为7月2~21日,但生长量较小,7月22日以后呈缓慢生长趋势。

长富2号苹果果实生长速率呈单S曲线。6月11日~7

表2 苹果树各物候期的耗水状况

Table 2 Water consumption in different phenological periods

物候期 Phenological period	耗水量			耗水强度			耗水模数		
	Water consumption mm			Water consumption intensity mm/d			Water consumption modulus %		
	覆草	覆膜	清耕	覆草	覆膜	清耕	覆草	覆膜	清耕
	Grass mulching	Film mulching	Clean tillage	Grass mulching	Film mulching	Clean tillage	Grass mulching	Film mulching	Clean tillage
萌芽期 Germination	21.8	21.9	26.4	1.21	1.22	1.47	5.03	4.86	5.52
花期 Florescence	23.2	21.6	27.2	1.54	1.44	1.81	5.35	4.79	5.68
新梢旺长期 Fast growth stage of new tips	94.3	97.5	102.0	2.58	2.67	2.80	21.75	21.62	21.32
新梢停长期 No growth stage of new tips	56.8	58.7	61.3	1.50	1.56	1.62	13.10	13.02	12.81
新梢二次生长期 Second growth stage new tips	152.0	161.5	165.7	2.42	2.58	2.64	35.06	35.81	34.63
果实成熟期 Fruit maturity stage	62.0	64.2	69.3	2.07	2.14	2.31	14.30	14.24	14.48
落叶期 Defoliation	23.6	25.7	26.7	1.41	1.53	1.60	5.44	5.70	5.58
全物候期 Whole phenological period	433.5	451.0	478.5	2.01	2.09	2.21	100.00	100.00	100.00

月1日和7月下旬是果实的两个生长缓慢期,这与新梢的生长规律是基本一致的(表3),此时正是苹果的花芽分化期,说明苹果花芽分化需要充足的营养和适量的水分供应。随着果实的生长发育,果形指数有下降的趋势,由最初的1.25降至采收时的0.86。因此,在生长前期创造适宜幼果生长的水、肥、气、热,对提高果形指数具有重要作用。

2.2.2 苹果滴灌次数及滴灌定额。根据苹果全物候期的需水规律以及枝条、果实生长发育的特点,陇东旱塬区在降水保证率50%的平水年,清耕处理的苹果树盛果期滴灌4次为宜,最佳灌水期为萌芽前、新梢旺长前、果实迅速膨大期和封

冻前,盛果期全年灌溉定额1030 m³/hm²(表4)。在降水保证率75%的中等干旱年份,灌水定额增大10%~20%,灌水次数为4~5次,果实膨大期灌水2次;在降水保证率95%的特旱年份,灌水定额增大15%~30%,灌水次数为5~6次,新梢旺长期、果实膨大期各灌水2次。覆草和覆膜处理的灌溉定额可比清耕处理减少5%~10%。

2.3 最佳灌水部位

2.3.1 滴灌水分在土壤中的移动规律。由表5可知,当每个滴头的滴水量小于5.1 L时,水分在0~10 cm的土层内水平方向的移动速度快于下渗速度,湿润比为0.92;当滴头滴头

表3 长富2号苹果新梢、果实的生长动态

Table 3 Growth dynamics of newtips and fruit of Changfu 2

日期 月-日 Observed time (month-day)	新梢长 Length of newtip cm	果实纵径 Vertical diameter of fruit cm	果实横径 Transverse diameter of fruit cm	果形指数 Fruit-shape index
05-12	11.8	-	-	-
05-22	18.9	1.97	1.57	1.25
06-11	34.6	3.39	3.33	1.02
07-01	46.3	4.13	4.41	0.94
07-21	58.9	5.13	5.71	0.90
08-12	68.6	5.82	6.66	0.87
08-31	72.9	6.28	7.06	0.89
09-21	75.7	6.72	7.63	0.88
10-06	76.7	6.69	8.08	0.86

表4 苹果树滴灌的灌溉制度

Table 4 Drip irrigation regulation for apple trees

最佳灌水期 Optimal irrigation time	计划湿润层深度 Scheduling wetted soil layer depth m	土壤湿润比 Percentage of wetted soil %	灌水定额 Irrigation quotas m ³ /hm ²
萌芽前 Before bud emergence	0.5	40	200
新梢旺长前 Before fast growth of newtips	0.6	40	240
果实膨大期 Fruit expansion	0.6	40	240
封冻前 Before frozen	0.7	50	350

滴水量为5.1~10.0 L/个时,由于犁底层的阻隔作用,水分下渗极为缓慢,10~20 cm的耕作层内水分水平方向的滴灌扩展速度相当快;当滴头滴水量由10 L/个增加到15.4 L/个时,水分渗透过坚实的犁底层(约10 cm),下渗速度显著加快,下渗深度净增19.6 cm,而地表湿润半径仅扩大3.2 cm;当滴头滴水量大于15.4 L/个时,由于犁底层下的土壤含水率明显大于耕作层,水分在0~40 cm的土体内快速扩展,湿润比为1.47;当滴头滴水量达到50 L/个时,地表湿润半径为55.0 cm,下渗

表5 滴灌水分在土壤中的移动状况

Table 5 Water transmission in soil under drip irrigation

灌水处理号 Treatment number	滴头滴水量 Irrigation L/个	最大湿润深度 Max. depth of wetted soil cm	湿润半径 Radius of wetted soil cm	湿润比 Wetting ratio
	2.5	19.0	20.7	0.92
	5.1	23.8	26.0	0.92
	7.8	24.0	26.8	0.90
	10.0	26.8	28.4	0.94
	15.4	46.4	31.6	1.47
	21.3	52.6	49.0	1.07
	25.0	55.0	49.4	1.11
	30.0	61.0	52.3	1.17
	40.0	62.2	53.0	1.17
	50.0	68.6	55.0	1.25

注:数据是灌水停止1 h后测定所得;湿润比=最大湿润深度/湿润半径。

Note: Data were determined 1 hour after irrigation; Wetting ratio = Max. depth of wetted soil / Radius of wetted soil.

深度为68.6 cm,湿润比为1.25。总之,下渗的速度快于水平扩展的速度,随着滴水量的不断增加,土壤湿润剖面不断扩大,地表湿润形状由最初的小圆斑发展成链状圆斑,最后形成宽度为1 m左右、深度近70 cm的湿润条带。

2.3.2 苹果树的根系分布。不同树龄的长富2号苹果根系调查结果见表6。3~4 a生的苹果树,一般树冠扩展最快,根系伸展也最快,但总根量较少,特别是吸收根少,果树地上部延长枝生长旺盛,春梢长度一般大于1.0 m,但短枝形成数量少、质量差,因而成花困难。5 a生果树已进入初果期,根系在空间分布上继续向外、向下扩展,总根量与吸收根比3、4 a生果树增加23%左右,果树延长枝生长较旺,春梢长度一般大于0.8 m,短枝数量快速增加。6~10 a生苹果树根系分布范围继续扩展的同时,根量快速增加,在0~40 cm土层中,单株果树根量达到0.5万~0.7万条,比4 a生果树增加3~5倍。果树延长枝的生长与根系有一定的关联性,而吸收根的生长与短枝的关系密切,因此,生产上对果树断根有利于成花。

表6 不同树龄苹果树的根系分布

Table 6 Distribution of root system at different trees age

树龄 Tree age	品种 Variety	砧木类型 Rootstock type	干周 Sem circumference cm	根系 Rad (直径 2 mm)			吸收根 Absorbing root (直径 < 2 mm)		
				水平分布 Horizontal distribution cm	垂直分布 Vertical distribution cm	根量 No. of rods 个	水平分布 Horizontal distribution cm	垂直分布 Vertical distribution cm	根量 No. of rods 个
3	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	17.5	<131	3~45	81	4~90	9~29	1343
4	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	21.6	<132	0~45	88	10~92	1~34	1356
5	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	23.8	<149	0~54	102	24~113	9~35	1674
6	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	27.6	<185	3~63	608	0~115	6~37	5187
7	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	34.5	<183	11~70	696	0~125	11~44	5215
8	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	40.3	<198	7~73	863	0~125	7~50	6030
9	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	44.1	<196	9~72	950	3~120	9~59	6350
10	长富2号 Changfu 2	山定子 M. baccata	47.4	<216	18~89	1086	8~131	22~77	6730

2.3.3 滴灌湿润土体与果树根系的耦合状态。为提高滴灌水的利用效率,滴灌湿润土体应与果树根系分布达到耦合状

态,也就是说,应将水最大限度地滴灌到果树吸收根分布最密集的区域。经调查,在水平方向上,果树吸收根主要分

布在冠径的1/3 ~ 2/3 处,滴灌时毛管应放置到树冠冠径的1/3 ~ 2/3 的中间,这样,滴灌随着树体的生长、树冠的增加而向外延伸,支持和诱导果树根系向外发展;在垂直方向上,吸收根具有成层分布的特点,吸收根主要分布于5 ~ 80 cm 的土层范围内,其中,10 ~ 50 cm 的土层为吸收根密集区。当滴头滴水量达30 L/个时,水分下渗深度为61.0 cm,地表湿润半径为52.3 cm,滴灌湿润带与苹果根系分布耦合状态最佳。因此,每个滴头滴水量30 L/个即240 m³/hm²,为次最佳灌水量。

滴灌毛管的布设方式对果树根系与湿润土体的耦合状态有着重要影响,由于果树吸收根主要在树冠半径1/3 ~ 2/3 处,呈圆环状分布的特点,在毛管布设时应以苹果树主干为中心,布设成“S”形。这种布设方式,果树根系与湿润土体的耦合状态明显优于直线布设方式,半固定式滴灌的毛管能够灵活移动,在保证果树根系与湿润土体的最佳耦合状态、提高水分利用率、促进根系发育等方面,较固定式滴灌具有更大的优越性,所以是一种值得推广的果园微灌方式。

对于果树,采用半固定式滴灌毛管呈“S”形布设时,一次灌水延续时间T可由式(3)、(4)确定。

$$T = mS_0S_1R/q \quad (3)$$

$$R = L_{\text{湿}}/L_{\text{毛}} \quad (4)$$

式中, m 为设计灌水定额(mm); S_0 为灌水器间距(m); S_1 为毛管间距(m); R 为毛管弯曲系数,果树株距等于树冠时, $R = 0.89$,一般情况下, $0.89 < R < 1$; Q 为灌水器流量(L/h); $L_{\text{湿}}$ 为毛管湿润条带直线长度(m); $L_{\text{毛}}$ 为毛管长度(m)。

其他条件相同时,毛管呈“S”形布设一次灌水延续时间比直线布设短,但投资比直线布设稍大,一般大2% ~ 12%,工程总投资也比直线布设稍大,一般大0.2% ~ 5.4%。这种“S”形布设方式实现了滴灌湿润土体与果树根系的耦合,提高了滴灌水的有效利用率,增加的投资对一个工程来讲是可以接受的。因此,建议在果园集水微灌工程设计和运行管理中尽量使毛管呈“S”形布设。

2.4 果树干周、产量和水分生产率 从表7可以看出,果树干周随树龄的增加而增长,不同处理苹果干周的年增长量也不同,其中覆草和覆膜处理较清耕处理增长的更快,更有利于增加果树产量。

表7 不同处理的果树干周

cm

Table 7 Stem circumferences of trees under different treatments

处理 Treatment	1999年	2000年	2001年	2002年
覆草 Grass mulching	32.9	38.5	42.0	48.0
覆膜 Film mulching	32.7	37.3	42.0	47.5
清耕 Clean tillage	32.3	34.1	39.3	46.1

由表8可知,果树产量随树龄的增加而增加,不同处理果树的产量有较大差异,其中覆膜处理的产量最高,是清耕处理的1.63倍,覆草处理的产量次之,是清耕处理的1.39倍。由于果树产量的增长速度快于耗水量的增加,因此,果树水分生产率明显受产量的影响,并随果树产量的增加而增长(表9)。3种处理中,覆膜处理比清耕处理节水5.85%,水分生产率最高,达5.4 kg/m³,是清耕处理的1.74倍;覆草处理比清耕处理节水9.39%,水分生产率达4.8 kg/m³,是清耕处理的1.55倍。

表8 不同处理的果树年产量

kg/株

Table 8 Yield of fruit trees under different treatments

处理 Treatment	1999年	2000年	2001年	2002年
覆草 Grass mulching	10.5	11.8	17.5	43.5
覆膜 Film mulching	10.1	13.9	36.5	37.6
清耕 Clean tillage	8.2	10.55	18.6	23.4

表9 不同处理的水分生产率

kg/m³

Table 9 Water productivity of fruit trees under different treatments

处理 Treatment	1999年	2000年	2001年	2002年
覆草 Grass mulching	2.7	2.8	3.8	9.5
覆膜 Film mulching	2.6	3.0	7.7	7.8
清耕 Clean tillage	1.8	2.2	3.8	4.8

2.5 苹果质量和水分生产效益^[6] 苹果质量主要受自然灾害、病虫害等的影响。由表10可知,2000年的苹果质量最差,单价也较低;2001年的苹果质量最好,但是单价最低。苹果单价主要由市场调节,基本趋于稳定。覆草处理的苹果质量最好,一级苹果达81.3%,覆膜处理的苹果质量次之,一级苹

表10 不同处理的苹果质量

%

Table 10 Apple quality under different treatments

处理 Treatment	1999年		2000年		2001年		2002年		平均 Average	
	一级 Grade 1	二级 Grade 2								
覆草 Grass mulching	94.5	5.5	62.1	37.9	93.8	6.2	74.8	25.2	81.3	18.7
覆膜 Film mulching	93.7	6.3	50.0	50.0	82.4	17.6	66.2	33.8	73.1	26.9
清耕 Clean tillage	32.6	67.4	37.3	62.7	88.6	11.4	88.7	11.3	61.8	38.2
单价 Unit price 元/kg	1.22	0.74	1.18	0.78	1.02	0.62	1.64	0.92	1.27	0.77

果达73.1%,清耕处理的苹果质量最差,一级苹果为61.8%。

水分生产效益主要受耗水量、苹果产量、苹果单价等的影响,耗水量越小,产量和单价越高,水分生产效益越高;反之,水分生产效益越低。在初果期果园,随着树龄的增长、产量的增加,水分生产效益成倍增加。由表11可知,覆膜处理的水分生产效益最高,达6.39元/m³,覆草处理的次之,为

6.09元/m³,清耕处理的最低,为3.94元/m³。

3 结论

(1) 高塬沟壑区苹果从萌芽至落叶总共216 ~ 223 d,分为萌芽期、花期、新梢旺长期、新梢停长期、新梢二次生长期、果实成熟期、落叶期7个物候期。苹果全物候期的需水量为433.5 ~ 478.5 mm,而同期有效降水量为355.6 ~ 449.6 mm,占

需水量的82%~94%。覆草处理的耗水量和耗水强度最小,比清耕处理节水9.39%,覆膜处理的次之,比清耕处理节水5.85%。高塬沟壑区平水年的降水满足不了苹果的需要。因此,及时进行滴灌,是保证苹果正常生长发育,提高产量和品质的重要措施。

表11 不同处理的水分生产效益 元/m³

Table 11 Water productivity efficiency of fruit trees under different treatments

处理 Treat ment	1999 年	2000 年	2001 年	2002 年
覆草 Grass mulching	3.32	3.09	3.88	14.07
覆膜 Film mulching	3.10	3.35	7.88	11.22
清耕 Clean tillage	1.90	2.41	3.88	7.58

(2) 根据苹果的生长发育及需水规律,高塬沟壑区在降水保证率50%的平水年,清耕处理的苹果滴灌4次为宜,最佳灌水期为萌芽前、新梢旺长前、果实迅速膨大期和封冻前。盛果期灌溉定额为1 030 m³/hm²(萌芽前200 m³/hm²、新梢旺长前240 m³/hm²、果实迅速膨长期240 m³/hm²、封冻前350 m³/hm²)。在降水保证率75%的中等干旱年份,灌水定额增大10%~20%,灌水次数为4~5次(果实迅速膨大期2次);在降水保证率95%的特旱年份,灌水定额增长15%~30%,灌水次数为5~6次(新梢旺长期、果实迅速膨大期各2次)。覆草和覆膜处理的灌溉定额可比清耕处理减少5%~10%。

(3) 10~50 cm土层,树冠半径的1/3~2/3处为盛果期苹果树根系密集区,当每个滴头的滴水量达到30 L时,水分的

(上接第2707页)

的是墨杂1号和巡青518。从整个生育期来看,这5个品种抗病性均较强,只有个别品种的叶片上发生轻微的条锈病,而倒伏、倒折和虫害现象没有发生;均表现很强的抗干旱性。

2.4 干物质含量 由表2可看出,干物质含量最高为乐食高丹草,达28.7%;其次为墨杂1号青饲玉米,达25.1%;最低是农大108,为21.7%;而百绿001和巡青518青贮玉米的干物质含量分别为21.8%和24.3%。因此,参试品种营养体干物质产量墨杂1号产量最高,达12 510 kg/hm²,比对照品种增产64.5%,排列第1位;百绿001干物质产量达10 170 kg/hm²,比对照增产33.7%,位列第2位;巡青518干物质产量达9 930 kg/hm²,比对照增产3.1%,列第3位;乐食高丹草干物质产量为7 485 kg/hm²,比对照减产1.6%,与主对照处于同一水平。

3 结论与讨论

试验表明,引进的青饲料作物品种中以墨杂1号和百

下渗深度达61.0 cm,地表湿润半径为52.3 cm,土壤湿润范围与根系的分布处于最佳耦合状态,由此可知,每个滴头滴水量30 L即240 m³/hm²为次最佳灌水量。滴灌时毛管的布设应以果树主干为中心,在树冠冠径的1/3~2/3布设成“S”形,保证滴灌水与根系处于最佳耦合状态,半固定式滴灌的毛管能够灵活移动,能满足“S”形布设的技术要求,优于固定式滴灌,应积极推广应用。

(4) 由于果树产量的增长速度快于耗水量的增加,因此,果树水分生产率明显受产量的影响,并随果树产量的增加而增加。3种处理中,覆膜处理的产量最高,水分生产率最高,达5.4 kg/m³;覆草处理的水分生产率次之,清耕处理的水分生产率最低。水分生产效益主要受耗水量、苹果产量、苹果单价等的影响,耗水量越小,苹果产量和单价越高,水分生产效益越高;反之,水分生产效益越低。在初果期果园,随着树龄的增长、产量的增加,水分生产效益成倍增加。

参考文献

- [1] 钱正英. 西北地区水资源配置生态环境建设与可持续发展战略研究综合卷[M]. 北京: 科学出版社,2004.
- [2] 黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站. 高塬沟壑区果园集水节水灌溉技术示范与研究[R]. 甘肃西峰,2004.
- [3] 尹光华, 刘作新. 旱农区不同种植模式作物最佳补灌时期和适宜补灌量研究[J]. 干旱地区农业研究,2000,18(1):85-89.
- [4] 中国农业工程学会, 农业水土工程专业委员会. 农业高效用水与水土环境保护[C]. 西安: 陕西科学技术出版社,2000.
- [5] 高世铭. 陇中黄土丘陵沟壑区生态环境建设与农业可持续发展研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社,2003.
- [6] 黄军兰. 集水农业产出效益分析方法[J]. 甘肃水利水电, 2001,37(1):41-42.

绿001适应表现最好,在严重干旱的气候条件下,鲜草产量突破45 000 kg/hm²,明显好于对照品种,增幅分别达42.1%和32.9%;若按干物质产量计算,则比对照增产64.5%和33.7%。同时,墨杂1号和百绿001表现也好于当前正大面积推广的巡青518,鲜草产量和干物质产量分别比其增产21.9%、17.7%和26%、24.2%。建议下一年对墨杂1号和百绿001续试并开展大田生产示范。墨西哥玉米可能属于热带性气候作物,不适合在冀西北高寒半干旱区域种植,应作淘汰处理。

参考文献

- [1] 钮薄. 北方旱农地区食业生态类型综合开发途径[J]. 旱地农业研究,1990(1):1-11.
- [2] 吕英华. 论张家口旱作农业发展对策与措施. 旱地农业研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社,1995.
- [3] 杨亚丽. 数字新闻[N]. 张家口日报,2007-8-03(3)
- [4] 王殿武, 王立秋, 牛瑞命, 等. 高寒半干旱区农牧增产技术[M]. 北京: 地震出版社,1998.
- [5] 童一中. 作物育种常用的统计分析法[M]. 上海: 上海科学技术出版社,1979.