

旱地果园水肥管理模式研究进展

耿增超, 张立新, 张朝阳, 赵二龙, 李生秀

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 分析了旱地果园水肥管理模式的研究进展和存在问题, 指出水肥胁迫尤其是水钾已成为旱区果树高产稳产优质化的主要限制因子。在系统探讨旱地果园水分管理、养分管理、综合管理以及果树叶营养综合诊断施肥标准的基础上, 提出了旱地果园的高效水肥管理模式。

关键词: 旱地果园; 水分管理模式; 养分管理模式

中图分类号: S606

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)01-0101-05

Advance in Study of Management Patterns of Water and Fertilizer in Apple Orchard in Dryland

GEN G Zeng-chao, ZHAN G Li-xin, ZHAN G Chao-yang, ZHAO Er-long, LI Sheng-xiu

(College of Resource and Environment, Northwest Sci-tech University
of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The achievements in the studies and existed problems of the management patterns of water and fertilizer in apple orchard in dryland were analysed. It pointed out that the menace of water and fertilizer, especially water and potassium, is main restricted factor of high and steady yield and high quality of the apple in dryland. The systematic discussion of different water management patterns, different fertilizer management patterns, comprehensive management patterns and DRIS diagnoses norms and fertilization models were carried out. It provided high efficient management patterns for apple orchard in dryland.

Key words: apple orchard in dryland; management patterns of water; management patterns of fertilizer

黄土高原南部是一个具有代表性的干旱原区, 海拔高, 昼夜温差大, 光热资源丰富, 其中渭北旱塬 40 万 hm^2 ^[1], 是苹果的最佳适生区^[2]。但其中 80% 属雨养果园, 且土壤保水保肥性差, 根系常处于逆境条件下。水分管理模式单一, 目前还没有一个成形的模式^[3]。习惯以清耕为主, 造成水土流失, 土壤肥力退化, 不注重土壤改良, 肥料施用不合理, 同时土壤干旱和多变的降水又降低了土壤养分的有效性, 苹果又是喜钾作物^[4], 对钾的需要量最高。因此水肥胁迫尤其是水钾已成为该地区苹果高产稳产优质化的主要限制因子^[4,5], 从而导致土壤肥力下降, 果实产量和品质难以持续提高。苹果又是多年生深根作物, 进行营养诊断比一般作物困难和复杂得多^[6]。20 世纪 70 年代, Beautilfils E. R. Sumner M. E 提出植株诊断施肥综合法 (Diagnosis and Recommendation Integrated System, 简称 DRIS)^[84], 可对多种营养元素的需肥顺序进行判定, 且判定结果不受植株树龄、品种和采样部位的影响^[7], 已在多种作物上应用^[80,83]。国外一些发达国家果园多采用

生草或有机物覆盖, 在配方施肥方面采用 DRIS 计算机诊断施肥模式^[81,82]。但国内外还没有将各单项技术组装配套成的水肥管理模式, 供不同生态环境的果园应用^[8]。我国近十年来对旱地果树水肥管理模式进行了大量研究, 取得了许多单项成果, 多偏重于单一水分管理模式, 水分、养分单独效应或特定水分条件下的不同形态施肥效应^[19~12], 在苹果上的研究大部仅限于 N、P、K^[13~15]。最终目的将筛选出旱地不同生态环境下果园水肥管理的适宜模式, 达到水肥管理程序化, 物质投入计量化, 果品产量质量和土壤肥力指标标准化, 提高该地区苹果园降水利用率和肥料利用率, 促进果树生产的发展和生态环境的有效保护。

1 旱地果园水分管理模式研究

水是限制旱地苹果优质化的主要因素之一, 有相当多的果园无灌溉条件, 即使有灌溉条件, 果区水分利用效率也非常低, 充分利用现有的水资源, 研究旱作节水农业是旱地果

收稿日期: 2003-08-20

基金项目: 陕西科技攻关项目 (2002K02-G7-1) 资助; 西北农林科技大学专项基金 (2002) 资助。

作者简介: 耿增超 (1963-), 男, 陕西韩城人, 副教授, 学士, 陕西省林学会会员, 主要从事园林土壤养分与施肥、森林土壤理化性质、林果水肥管理等方面的研究与教学工作。

业发展的方向^[16]。目前我国研究的旱地果园水分管理模式有麦草秸秆覆盖、覆膜或盖砂覆膜、清耕灌溉、果园生草模式等^[17]旱地果业发展的方向^[16]。目前我国研究的旱地果园水分管理模式有麦草秸秆覆盖、覆膜或园生草模式等^[17]。

1.1 果园秸秆覆盖模式研究

果园秸秆覆盖简称果园覆草,是较常见的水分管理模式,是在果树的树盘、株间、行内及整个果园覆盖秸秆,又叫生物覆盖。覆草技术被世界许多国家广泛应用,如乌克兰南部的一些苹果园早在 1939 年就采用了覆草技术。日本红富士苹果园常用稻草覆盖,幼树每株盖干草 10~20 kg,大树每株 70~100 kg。美国坡地果园也广泛采用秸秆覆盖法。我国南方柑橘园应用秸秆覆盖法也有悠久的历史,树盘覆盖秸秆已成为广东化州橙的栽培特点。山东省仅红富士果园覆草面积就达 8 87 万 hm^2 ^[18]。利用麦草秸秆长期对果园地表进行覆盖,首先提高的是土壤有机质含量。据研究我国主要土壤表层大约有 80%~97% 的氮,20%~76% 的磷和 38%~94% 的硫从有机质中来,因而提高了土壤有机质含量也就是提高了土壤的养分状况。覆草在提高土壤养分的同时,不仅能使果园土壤稳定土温、抗旱保水、抑制杂草的生长,而且能显著的改善土壤的理化性质。这主要与土壤有机质的土体特性及在土壤水稳性团粒结构形成中的作用有关。但是覆草也有对果园管理不利的一面,这就是早春覆草的地温上升慢于裸地,使果树开花、发芽稍有推迟。张建国,张磊^[19]的研究结果证明了这一点。孙鹏,王丽华^[20]对覆草 3~5 a 的苹果园土壤进行采样分析。结果表明:果园覆草后土壤有机质提高 0.92~3.33 kg/g,全氮和全磷的平均值分别提高 0.194 mg/kg 和 0.140 mg/kg,土壤容重降低 0.068 g/ cm^3 ,田间持水量增加 2.82%,CEC 提高 1.82 cmol/kg ,pH 变化不显著,对土壤有效养分的影响达极显著水平,影响大小的顺序为有效钾>有效磷>有效氮。王孝威,郑王义,杨晓霞^[21]对果园土壤水分直接影响果树的生长发育进行了研究。试验表明,覆草效果明显好于清耕。果园覆草后大大减少了土壤水分的蒸发,其土壤含水量比对照提高 23.44%;苹果树的根系活力、叶片相对含水量、新梢长度、叶面积大小、叶绿素含量等均高于对照,硝酸还原酶活性、光合强度比对照有明显提高,细胞质膜相对透性明显降低。覆草对土壤水分和有机质状况改良作用已有很多报道^[10,22,23],覆草对改善果园土壤水分、温度和营养状况,促进苹果生长,提高产量有显著作用^[10,24]。赵长增^[25]对沙漠边缘地区苹果园地面覆盖的研究结果表明,覆盖后可明显减少水分蒸发和提高土壤水分的利用率,从而促进果树的生长发育,覆盖措施以地面覆草效果最好,可提高土壤含水量 50%,新梢生长量、单叶面积和叶绿素含量分别比对照高 57%、30% 和 59%,并提高了苹果的品质和产量。张军科,刘晨亮^[26]研究表明,覆草能使树体 N、P、K、Ca、Mg、B、Mn 等元素的吸收与分配发生改变,明显提高 K、B 在叶片内的含量,降低 F、Mg、Mn 叶片内的含量,K、B 含量的上升对产量和品质的提高有重要意义。在叶片上表现为叶绿素含量、百叶重、叶面积均有不同幅度的提高,说明覆草可提高叶片整体质量,这也是覆草丰产、优质的生理基础。

1.2 地膜覆盖模式及相关研究

穴贮肥水、地膜覆盖技术是极端干旱瘠薄果园节约肥水、壮树栽培的有效措施^[27,28]。张国和^[44]研究了盖砂覆膜对苹果园土壤养分和树体生长发育的效应,对苹果幼树园进行盖砂、覆膜及与露地对比试验。结果表明,盖砂、覆膜后有利于树体健壮生长发育,能使苹果幼树提早 1~2 a 结果,但土壤养分损失较快,特别是砂田消耗更快,这可能与树体生长快、历年施肥不足有关,所以要及时追肥,深施有机肥,砂田进入结果期后要换砂或去砂,以便深施基肥。王孝威,郑王义,杨晓霞^[30]研究认为覆膜具有良好的保墒防旱作用,从而改善了土壤及树体的水分状况。

1.3 清耕灌溉模式研究

清耕灌溉是最传统的水分管理模式,适宜于有灌溉条件的果园。在苹果生产中,根据其对水分的反应特点,特别是在非需水的关键时期进行节水灌溉应主要针对成年果园和生长强旺的果园,幼树和生长弱的树应谨慎^[31]。同时,树冠越小,栽植密度越高的果园,在需水非关键时期进行节水灌溉的效果越好;当在稀植大冠果园应用时,应主要针对营养生长强旺的果园类型。此外,也应注意不同的苹果品种以及同一品种在不同的土壤和气候条件下对水分胁迫反应的差异^[32]。冉辛拓^[33]研究了干旱区苹果园的田间耗水状况及苹果正常生长结实的耗水量,保持土壤水量平衡。朱德兰,王德祥^[34]在小管出流灌水条件下,研究了苹果耗水量与产量、质量的关系,根据苹果全生育期水量平衡原理,确定耗水量,并结合理论公式推算不同频率年的耗水规律,分析确定了最佳耗水量与最佳灌水定额,最后提出渭北地区苹果高产的制度:灌水定额 330 m^3/hm^2 ,灌水次数最多 8 次,最少 1 次。屈桂敏,束怀瑞^[35]研究探讨了树盘内埋灌节水渗灌的生理生产效应,结果表明:树盘埋灌节水渗灌明显增加了新梢长度、短枝叶面积、叶绿素含量、光合和蒸腾速率,提高了树体的水分利用效率和果实的单果重、糖/酸比,降低了果实的可溶性固形物和含酸量。王斌,李怀有^[36]研究了陇东旱原苹果园免耕覆盖集水技术。牛西午,周克义,王俊兰^[37]研究了旱地苹果园渗灌补水加覆盖技术。徐呈祥,马艳萍^[38]论述了苹果对水分胁迫的反应特点及节水灌溉。马孝义,王文娥,康绍忠^[39]初步研究了陕北、渭北苹果降水产量关系与补灌时期,探讨降水对产量的影响规律,确定了不同分区苹果的最佳补灌时期。

1.4 果园生草模式研究

果园生草是近年来主要研究推广的水分管理模式。果园生草、套种绿肥具有提高土壤有机质、改善速效养分的有效供给,减少水土流失,改良土壤结构和果园小气候,减少劳动强度,增加效益等优点,现已成为世界上许多国家和地区广泛采用的管理模式^[40,41]。张永朝,董铁芳^[42]通过观察和对土壤水分及主要养分的测定表明,果园种植白三叶草,可有效抑制果园杂草生长。其根系更新及茎叶的枯落增加了土壤中的有机质含量,根瘤菌的固氮作用提高土壤中的固氮量,根系对磷、钾等矿质养分有较强的富集作用,从而明显地提高果园的土壤肥力。曹明华,刘长全^[43]较系统地研究了果园生

草、套种绿肥和清耕三种不同管理模式下红壤幼龄果园土壤养分状况的变化趋势。研究表明:与清耕法相比,在行间果园生草、套种绿肥提高了土壤有机质、腐殖质含量,套种绿肥还改善了土壤提供氮、磷营养状况,在树冠下实行果园生草、套种绿肥提高了表层土壤腐殖质含量、改善了土壤氮素营养状况,果园生草还较明显地提高土壤有机肥含量。王丽琴,魏钦平^[44]针对山丘地土壤特点,研究了沟草养根和果园覆盖管理对土壤树体的影响,以期对山丘地果园提供适宜有效的土壤管理措施。

2 旱地果园养分管理模式研究

长期以来,人们习惯地依赖于经验和土壤测试来确定苹果配方施肥模式。土壤测试,目前虽不失为一种指导施肥的优良方法,但是,存在的问题也是十分明显的:1)多数土壤,N和微量元素的测试不能取得可信赖的结果;2)取样代表性较差。施肥方式的不同(条施与沟施),使得果园土壤营养诊断比一般大田作物困难和复杂。迄今为止,土壤诊断标准和推荐施肥方法报道较少^[45,46]。在我国,苹果施肥大部以氮肥为主,导致果实品质下降、单果重和总糖含量低、增产不增收。近年来,进行了大量的配方施肥试验,研究了调控苹果营养状况的诊断方法以及由此而来的推荐肥料模式。全月澳^[47]初步探讨研究了果树营养诊断技术。耿玉涛^[48]研究了苹果的营养生理与施肥特点。顾曼如,束怀瑞,曲桂敏^[49,50]研究了红星苹果果实的矿质元素含量与品质关系,苹果配方施肥的肥效。王吉奎^[51]研究了苹果树施用无机肥的效果比较。丁平海^[52]研究了河北省主要苹果营养状况及施肥。李辉桃,周建斌,翟丙年^[53,54]研究了红富士苹果施用氮磷钾化肥的效果。通过旱地果园的土壤营养测定和肥料调查,结果得知所有果园有机质含量都偏低,多数果园土壤氮、磷缺乏,土壤硝态氮和有效磷与苹果产量极正相关,许多果园施氮肥过多;钾肥太少,多数果园N、P、K营养不平衡,营养三要素的需要顺序多是 $K > P > N$,根据目标产量、生产单位果品需要养分量和养分平衡指数,确定了各果园的最小养分因素及其施肥量,并按养分比例法推荐了其他肥料的施用量。魏天军,李天兵^[55]研究了灰钙土壤苹果树营养诊断,分析了土壤养分和苹果树叶片矿质元素含量。结果表明:石灰性灰钙土壤普遍表现为有机质、氮、磷和锌缺乏,铁、铜不足,钾、锰、硼丰富。相应地树体表现:磷、锌和铁缺乏,氮、铜不足,钙正常,钾、锰、硼丰富,镁极充足。王斌,梁金战^[56]研究了陇东黄土高原苹果树配方施肥技术,在测定苹果树叶片全氮含量、百叶干重、苹果国土壤养分含量和单果树根系分布范围的基础上确定了土壤养分供应量,根据干周法和栽植密度确定优质苹果园的计划产量及计划施肥量,并提出该地区苹果的合理施肥建议。朴顺姬,朴宇^[57]对苹果梨进行了不同氮磷钾比例试验。试验表明,土壤速效钾含量不同时,采用不同的氮磷钾比例,可明显提高苹果梨的产量和果实品质,较常规施肥法果实总糖含量提高0.5%~5.6%,苹果酸含量降低3.2%~6.5%,上等果率提高14.6%~45.2%。

钾是果树生长发育、开花结果过程中必需的营养元素,

是果树的品质元素,对促进果实发育,提高产量,增进品质,提高抗逆性抗病性、促早熟等方面均有良好的作用^[58]。有关研究表明,在果树作物上,钾能促进果树生长^[78],有利于提高含糖量及改善果实色泽^[79],因此在果园管理中钾肥的施用受到重视。人们对钾在果树上施肥效果进行了大量研究^[12,57-59]。由于受“黄土区富钾”传统观念的影响^[60],目前陕西苹果梨园施肥主要问题是偏施氮肥、磷肥不足、钾肥很少^[61]。不合理的施肥严重影响了果树产量和果实品质的提高。

养分临界值法是诊断作物营养的传统方法。养分临界值指在作物特定生长期,导致作物产量减产5%或10%时,作物体内该种养分的浓度,或者是与养分效应曲线转折点相应的浓度,或者是养分不足和充足间过渡中点的浓度。诊断作物养分的较理想的方法诊断推荐综合系统(DRIS)。人们对此进行了研究应用^[76,85,86],它基于运用大量的作物养分浓度和产量的测定值,以便能准确地获得区别高产作物群体和低产作物群体的某些养分比的均值和变异。为了便于诊断,还要对高产群体中的DRIS参数的变异系数和均值用特定的校正公式进行校正。校正公式计算出的养分相对指标值为负或为正,但总和始终为零,养分指标值越低,就越需要该种养分,当所有养分浓度的比值与高产群体的养分浓度比值相同时,每种养分的DRIS指标值都是零。用DRIS建立苹果养分元素的叶片诊断标准,与通常使用的土壤测试相比,检验叶片诊断标准合理指导施肥提高了施肥的可靠性^[65]。

3 旱地果园综合管理模式研究

近年来,科研工作者进行了旱地果园综合管理模式研究与探索。也进行了水肥综合配方施肥研究^[66,67]。杨成恒,陈宝江^[68]研究提出了生草补钙222式、覆草补钙补硼122式、覆草补钙半钾123式三种模式。杨建设,张建新^[69]根据现代果园的发展趋势,并依据不同土壤生态及水肥管理条件,提出了不同果园适宜间作作物的四大模式,对于那些需要加快早春发育进程的果树来说,可以在夏季覆草,也可早春覆草实行二元覆盖(覆草后再覆地膜)加施肥。王丽琴,魏钦平,高红玉^[70]研究结果表明,沟肥埋草显著减少了土壤渗透损失,土壤含水量、有机质、有效养分含量均显著提高;覆膜覆草则主要改善了表层水分状况。营养沟内覆膜覆草的表层根系密度极显著提高。修荆昌^[71]研究了苹果梨的土肥水综合管理。李向民,苏陕民^[72]分析了旱作苹果深沟施肥效益,并提出在旱作果园推广。

4 旱地果园高效水肥管理模式

旱地果园高效水分管理模式在干旱年份以秸秆覆盖最佳,在多雨年份以果园种植白三叶草最佳。在此基础上,我们提出了旱地果园各种年型下“果树行间生草十树盘秸秆(食用菌菌渣)覆盖”的水分管理新模式^[73]。旱地果园在使用氮磷基础上施用钾肥具提高果树抗旱性、增产、增质三重效应,以 $KCl+CaSO_4$ 施钾模式效果最佳,既补钾补硫补钙施肥新模式。同时采用上述保水模式,可提高肥料利用率^[61,74];根

据 DRIS 指数法分级标准指导定量施肥,通过确定临界绝对指标,设计苹果营养综合诊断程序,以“临界值”理论为依据的“盈亏指数”诊断法和以营养平衡为依据的“综合诊断法”容纳于一个软件内,运用计算机将两种施肥理论结合起来进

行营养诊断和指导苹果施肥,准确提出苹果树施肥比例和施肥量,并将该软件做成人机对话形式,应用者无需知道计算机的高级语言,整个系统汉字显示“菜单”形式,人机对话操作简便直观,以科学快速简洁的指导施肥实践^[65,75]。

参考文献:

- [1] 陕西统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 1988
- [2] 魏钦平, 李嘉瑞 苹果品质与生态因子关系的研究[J]. 山东农业大学学报, 1998, 29(4): 532- 536
- [3] 杨成恒, 陈宝江, 孙家绵 不同生态环境下苹果园生土肥综合管理模式研究初报[J]. 北方果树, 1998, (3): 5- 7
- [4] 耿玉韬 苹果优质高产关键技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1996
- [5] 李光晨 果树旱作与节水栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [6] 仝月澳, 周厚基 苹果营养诊断法[M]. 北京: 农业出版社, 1982
- [7] 黄宗玉 诊断施肥综合法(DRIS)的原理与应用问题[J]. 土壤学进展, 1990, 18(1): 22- 26
- [8] 杨成恒, 陈宝江, 孙家绵 不同生态环境下苹果园生土肥综合管理模式研究初报[J]. 北方果树, 1998, (3): 5
- [9] 王文武, 孔庆雷, 等 果园覆草综合效益研究[J]. 果树科学, 1991, 8(3): 163- 165
- [10] 王中英 秸秆覆盖对黄土高原旱地苹果园的影响[J]. 中国农业科学, 1992, 25(5): 1- 4
- [11] 王进鑫, 张晓鹏, 等 渭北旱塬红富士苹果需水量与限水灌溉效应研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(1): 69- 72
- [12] 钟平 钾对果树产量和果实质量的影响[J]. 中国果树, 1994, (1): 40- 41
- [13] 朴顺姬, 朴宇, 朱虎烈, 不同氮磷钾比例对苹果梨品质的影响[J]. 农业科学, 2002, 27(2): 30- 34
- [14] 曲桂敏, 王鸿侠, 束怀瑞 氮对苹果幼树水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 119- 201
- [15] 曹冬梅, 王云山 钾对苹果幼树水分状况的影响[J]. 果树学报, 2002, 19(1): 64- 66
- [16] 许明宪 旱地果树栽培新技术及其原理[M]. 陕西杨陵: 天则出版社, 1989 29- 33
- [17] 刘霞 旱地苹果园秸秆覆盖效应初探[J]. 山西农经, 1998(1): 63- 66
- [18] 杨振伟 苹果生长环境与优质丰产调控技术[M]. 北京: 气象出版社, 1996
- [19] 张建国, 张磊 旱地苹果园秸秆覆盖效应分析[J]. 山西水土保持科技, 2001, (6): 34- 35
- [20] 孙鹏, 王丽华, 李光宗 麦草覆盖对果园土壤理化性质影响的研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3): 37- 39
- [21] 王孝威, 郑王义, 杨晓霞 覆草、覆膜对旱地苹果幼树生长发育的影响[J]. 山西农业科学, 2002, 30(2): 46- 48
- [22] 马彦, 谢蓬梅 旱地苹果园覆草覆膜的效果试验[J]. 落叶果树, 1996, (1): 17- 19
- [23] 陈国生, 任保君 旱地苹果树盘不同覆盖方式的效果试验[J]. 北方果树, 1995, (1): 11- 12
- [24] 王中英 果园秸秆覆盖时土壤及树体水分与光合速率的关系[J]. 果树科学, 1995, 12(2): 75- 78
- [25] 赵长增 沙漠边缘地区苹果园节水栽培研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(1): 67- 70
- [26] 张军科, 刘晨亮 覆草对苹果叶片及果实质量的影响[J]. 陕西农业科学, 1999, (2): 20- 21
- [27] 董淑富, 黄天栋, 束怀瑞 覆膜营养穴增产苹果机理研究[J]. 山东农业大学学报, 1987, (4): 41- 47
- [28] 王毅, 王建国 覆草覆草对果园增产增收效应试验[J]. 中国果树, 1996, (1): 16- 17
- [29] 张国和 盖砂覆膜对苹果园土壤养分和树体生长发育的效应[J]. 甘肃农业科技, 1998(4): 29- 30
- [30] 王孝威, 郑王义, 杨晓霞 覆草、覆膜对旱地苹果幼树生长发育的影响[J]. 山西农业科学, 2001, 30(2): 46- 48
- [31] 李光晨 果树旱作与节水栽培[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995
- [32] 李绍华 果树生长发育、产量和果实品质对水分胁迫敏感期及节水灌溉[J]. 植物生理学通讯, 1993, (1): 10- 16
- [33] 冉辛拓 干旱区苹果园的田间耗水状况探析[J]. 河南农业大学学报, 2000, 35(2): 95- 98
- [34] 朱德兰, 王德祥, 朱首军 渭北地区苹果高产灌溉制度研究[J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(3): 95- 100
- [35] 屈桂敏, 束怀瑞 苹果树盘内埋罐节水渗灌的效应[J]. 山东农业大学学报, 2000, 31(2): 120- 124
- [36] 王斌, 李怀有 陇东旱源苹果园免耕覆盖集水试验研究[J]. 甘肃农业科技, 2000, (4): 29- 30
- [37] 牛西午, 周克义 旱地苹果园渗灌补水加覆盖技术研究与应[J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(4): 52- 55
- [38] 徐呈祥, 马艳萍 苹果对水分胁迫的反应特点及节水灌溉研究综述[J]. 南京农专学报, 2000, 16(2): 15- 17
- [39] 马孝义, 王文娥, 康绍忠 陕北、渭北苹果降水产量关系与补灌时期初步研究[J]. 中国农业气象, 2001, 23(1): 25- 29
- [40] 曲泽洲 果树栽培学各论[M]. 北京: 农业出版社, 1982 11
- [41] 马世均, 等 旱农学[M]. 北京: 农业出版社, 1991 237- 238
- [42] 张永朝, 董铁芳 白三叶草对苹果园土壤肥力的影响[J]. 北方果树, 2001, (3): 13- 14
- [43] 曹明华, 刘长全 红壤幼龄果园不同管理模式对土壤养分状况影响的研究[J]. 福建热作科技, 2000, 25(4): 1- 4
- [44] 王丽琴, 魏钦平, 高红玉 山丘旱地沟草养根果园覆盖制度试验[J]. 西北农业学报, 1997, 6(3): 70- 73

- [45] 全月澳 果树营养诊断的初步探讨[J]. 中国果树, 1980, (1): 2
- [46] 北京农业大学园艺系果树矿质营养研究室 果树文集(5)[C]. 北京: 北京农业大学出版社, 1988 16, 39
- [47] 全月澳 果树营养诊断的初步探讨[J]. 中国果树, 1980, (1): 2
- [48] 耿玉涛 苹果的营养生理与施肥特点[J]. 北方果树, 1991, (3): 14- 15
- [49] 顾曼如, 束怀瑞, 曲桂敏, 等. 红星苹果果实的矿质元素含量与品质关系[J]. 园艺学报, 1992, 9(4): 30- 36
- [50] 顾曼如 苹果配方施肥的肥效研究简报[J]. 落叶果树, 1994, 25(1): 3- 5
- [51] 王吉奎 苹果树施用无机肥的效果比较[J]. 果树科学 1994, 11(4) 8- 9
- [52] 丁平海 河北省主要苹果营养状况及施肥设计[J]. 河北农业大学学报 1994, 17(3): 10- 12
- [53] 李辉桃, 周建斌, 郑险峰 旱地红富士果园土壤营养诊断和施肥[J]. 干旱地区农业研究, 1996, (14): 345- 350
- [54] 李辉桃, 周建斌, 温小卫 红富士苹果施用氮磷钾化肥的效果[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 163- 168
- [55] 魏天军, 李天兵 谈灰钙土壤苹果树营养诊断[J]. 宁夏农业科技, 1999, (2): 24- 26
- [56] 王斌, 梁金战 陇东黄土高原苹果树配方施肥技术研究[J]. 甘肃农业科技, 2000, (5): 26- 30
- [57] 朴顺姬, 朴宇, 朱虎烈 不同氮磷钾比例对苹果梨品质的影响[J]. 吉林农业科学, 2002, 27(2): 30- 34
- [58] 黄显, 王勤, 赵天才 钾在我国果树优质增产中的作用[J]. 果树科学, 2000, 17(4): 309- 313
- [59] 阎华 钾肥及钾镁配合对提高葡萄苹果产量和品质的效果[A]. 中国经济施用钾肥研讨会材料汇集[C]. 1994 (4): 318 - 322
- [60] 陕西省土壤普查办公室 陕西土壤 LM I[M]. 北京: 科学出版社, 1992 445- 457.
- [61] 何忠俊, 同延安 钾对黄土区苹果、梨产量及品质的影响[J]. 西北农业学报, 1999, 3(增刊): 53- 58
- [62] 李辉桃, 周建斌 应用DR IS 法评价苹果树营养状况初探[J]. 陕西农业科学, 1994, (4): 15- 17.
- [63] 郑家基, 刘星 DR IS 诊断法在柑橘施肥中应用研究[J]. 福建省农科院学报, 1996, 11(4): 39- 42
- [64] 彭志平 紫花芒果N PK CaMg 叶片诊断的DR IS 标准初步[J]. 热带亚热带土壤科学, 1998, 7(1): 36- 40
- [65] 吴文成译 甘蔗施肥指南- 土壤测试 叶片分析和DR IS[J]. 农业科技情报, 1996, (4): 23- 30
- [66] 贺学贵, 尤中尧 苹果树营养诊断与配方施肥[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1995 50
- [67] 汪景彦, 王以胜 红富士苹果生产关键技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1996 62- 90
- [68] 刘秀春, 杨成恒, 陈宝江 不同生态环境下苹果园生土肥综合管理模式研究初报[J]. 北方果树, 1998, (3): 5- 7.
- [69] 杨建设, 张建新 现代果园中作物的间作增值技术与水肥管理模式的探讨[J]. 北方园艺, 1994, (3): 21- 23
- [70] 王丽琴, 魏钦平, 高红玉 山丘旱地沟草养根果园覆盖制度试验[J]. 西北农业学报, 1997, 6(3): 70- 73
- [71] 修荆昌 苹果梨的土肥水综合管理[J]. 农村科学实验, 1994, (6): 20
- [72] 李向民, 苏陕民 旱作苹果深沟施肥效益[J]. 水土保持通报, 1993, 13(5): 44- 48
- [73] 张立新 渭北旱原红富士苹果园不同降水年型水分管理模式研究[J]. 干旱地区农业研究 2001, 19(1): 26- 32
- [74] 张立新, 耿增超, 李生秀 渭北苹果不同形态钾与水交互作用及品质效应研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2002, (2): 21 - 26
- [75] 耿增超, 张立新, 赵二龙 陕西红富士苹果矿质元素DR IS 标准研究[J]. 西北植物学报, 2003, (7): 60- 65
- [76] Beverly R B. Nutrient diagnosis of "Valencia" Oranges by DR IS[J]. Amer Soc Hort Sci, 1984, 109(5): 649- 654
- [77] Chevalier H. Potassium fertilization of apple trees[J]. Potash Review, Subj 8, Suite, 1978, 30: 20- 22
- [78] Faust M Q. Physiology of temperate zone fruit tree[M]. New York: John Wiley & Sons Press, 1989 33- 119
- [79] Fallahi E R. Rignetti T L. Use of DR IS in apple[J]. Hort Science, 1984, 19(1): 116
- [80] Goh K, et al Preliminary nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium DR IS norms and indices for apple orchards in Canterbury, New land[J]. Common Soil Sci and Plant, 1992, 23: 1 375- 1 385
- [81] Merwin A, Stiles C Orchard groundcover management impacts on apple tree growth and yield and nutrition availability and uptake[J]. J. Amer Soc Hort Sci, 1994, 119(2): 209- 215
- [82] Merwin A, Stiles W. Orchard groundcover management impacts on soil physics[J]. Properties J. Amer, Soc Hort Sci, 1994, 119(2): 216- 222
- [83] Parent L M, et al Derivation of DR IS norms for a high density apple orchard established in the Quebec Appalachian mountains[J]. Amer Soc Hort Sci, 1989, 114(6): 915- 919
- [84] Sumner M E Use of the DR IS System in foliar diagnosis of crops at field yield level[J]. Common Soil Sci and Plant analysis, 1977, 8: 251- 268
- [85] Wakworth J L, Sumner, M E Diagnosis and recommendation integration system [J]. Adv Soil Sci, 1987, 6: 149- 188