

# 水肥配比对葡萄生长发育及<sup>15</sup>N-硫酸铵吸收分配及利用的影响

周兴本<sup>1,2</sup>, 郭修武<sup>1</sup>, 王丛丛<sup>1</sup>, 刘士冲<sup>1</sup>, 李 坤<sup>1</sup>, 郭印山<sup>1</sup>, 李成祥<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学园艺学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 辽宁水利职业学院, 辽宁 沈阳 110122)

**摘 要:** 以无核白鸡心葡萄为试材, 采用<sup>15</sup>N 同位素标记示踪法研究了不同水肥配比对葡萄幼树生长和<sup>15</sup>N-硫酸铵吸收、分配及利用的影响。试验设置3个水分处理(75%~80% FC、55%~60% FC、40%~45% FC)和3个肥料配比(N:P:K=2:1:3、N:P:K=2:1:5、N:P:K=2:5:3), 共9个处理。结果表明: 不同水肥配比处理间葡萄幼树新梢粗度、叶面积、叶绿素含量差异显著, 以55%~60% FC、N:P:K=2:5:3的水肥处理能有效促进植株新梢粗度、叶面积的增大, 最适宜葡萄幼树的生长。以40%~45% FC、N:P:K=2:1:3的水肥处理更有利于叶绿素的积累。综合生长期光合速率和蒸腾速率, 以55%~60% FC、N:P:K=2:5:3的水肥处理可降低蒸腾速率, 提高光合速率。不同水肥配比处理并没有改变树体各器官间<sup>15</sup>N丰度(Ndff%)的高低顺序和<sup>15</sup>N分配规律, 但同一器官的Ndff%和<sup>15</sup>N分配率在不同处理间有所不同, 轻中度水分胁迫下, 葡萄植株对<sup>15</sup>N的征调能力较高。不同水肥处理对葡萄各器官<sup>15</sup>N分配率和利用率的影响存在差异, 根系的<sup>15</sup>N分配率、利用率均显著高于其他器官, 分别达43.37%和11.17%。主干和新梢次之, 叶片最小。轻度水分胁迫下增加磷钾肥比例对提高葡萄植株的氮肥利用率有促进作用。综上所述, 各肥水配比处理中以55%~60% FC、N:P:K=2:5:3的水肥处理为最优处理, 建议在无核白鸡心葡萄幼树生产栽培中按照此配比进行肥水管理。

**关键词:** 无核白鸡心葡萄; 水肥配比; <sup>15</sup>N-硫酸铵; 吸收; 利用; 分配

**中图分类号:** S147.21 **文献标志码:** A

## Effects of water and fertilizer ratio on the growth and absorption distribution and utilization of <sup>15</sup>N - ammonium sulfate of Grape

ZHOU Xing-ben<sup>1,2</sup>, GUO Xiu-wu<sup>1</sup>, WANG Cong-cong<sup>1</sup>, LIU Shi-chong<sup>1</sup>,  
LI Kun<sup>1</sup>, GUO Yin-shan<sup>1</sup>, LI Cheng-xiang<sup>1</sup>

(1. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866, China;

2. Liaoning Water Conservancy Vocational College, Shenyang, Liaoning 110122, China)

**Abstract:** Centennial Seedless was used to study the effects of fertilizer ratio on the growth and absorption, distribution and utilization of <sup>15</sup>N - ammonium sulfate of grape under water stress. Three different water treatment levels(75% ~ 80% FC, 55% ~ 60% FC, 40% ~ 45% FC) and three kinds of fertilizer ratio(N:P:K = 2:1:3, N:P:K = 2:1:5, N:P:K = 2:5:3), total 9 treatments were designed in the experiment. The results show that: there are significant differences among the treatments of different water and fertilization ratio on the shoot roughness, the grape leaves area and the chlorophyll content of grape leaves. the treatment of 55% ~ 60% of field capacity, fertilizer ratio of N:P:K = 2:5:3 can effectively increase the shoot roughness and the grape leaves area, suit for the growth of Centennial Seedless grape. the treatment of 40% ~ 45% of field capacity, fertilizer ratio of N:P:K = 2:1:3 can increase the chlorophyll content of grape leaves. The treatment of 55% ~ 60% of field capacity, fertilizer ratio of N:P:K = 2:5:3 can effectively increase photosynthetic rate and decrease transpiration rate. The Ndff% order and partition rule of <sup>15</sup>N of various tree organs are not changed under different water and fertilization ratio treatments, while the Ndff% and partition ratios of <sup>15</sup>N of same organ

收稿日期: 2014-05-26

基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设专项基金(CARS-30-yz-6)

作者简介: 周兴本(1977—), 男, 山东烟台人, 博士, 主要从事果树栽培生理方面研究。E-mail: zhouxingben@163.com。

通信作者: 郭修武(1959—), 男, 辽宁抚顺人, 教授, 博士生导师, 研究方向为果树栽培与生理生态等。

are different, the  $^{15}\text{N}$  requisition ability of grape saplings at the mild stress level was best. The  $^{15}\text{N}$  distribution rates and use efficiencies of various tree organs in different treatments were difference. The  $^{15}\text{N}$  distribution rates and use efficiencies of roots were significantly higher than other organs, up to 43.37% and 11.17%, new shoot and trunk were second, and leaf was minimal. Under mild stress level, increasing phosphorus and potassium fertilizer can lead to the increase of nitrogen fertilizer use efficiencies. In summary, the treatments of 55% ~ 60% of field capacity, fertilizer ratio of N:P:K = 2:5:3 were optimal, which is recommended in the fertilization and irrigation in grape production and cultivation.

**Keywords:** Centennial Seed-less; water and fertilization ratio;  $^{15}\text{N}$  - ammonium sulfate; absorption; utilization; distribution

合理的水肥管理有利于作物高产,因地制宜地调节水分和肥料,使其处于合理的范围,使水肥产生协同作用,达到“以水促肥”和“以肥促水”的目的,是实现农业生产节水节肥和高产高效的主要途径<sup>[1]</sup>。

氮素是果树生长发育所必需的营养元素,对果树的器官建造、物质代谢、生化过程、果实产量及品质的形成等都有不可替代的作用<sup>[2]</sup>。已有研究表明,适量施用氮肥不仅能提高叶片的光合速率,增加光合叶面积,还能促进花芽分化,提高坐果率<sup>[3-4]</sup>。但过量施用氮肥和不合理的施肥措施会造成氮素大量损失,致使氮肥利用率降低,土壤氮素损失严重,乃至造成严重的环境污染<sup>[5-7]</sup>。我国现阶段氮肥的平均利用率只有 30% ~ 41%,且变化幅度较大(在 9% ~ 72%之间)<sup>[8]</sup>,这说明减少氮肥损失、提高其利用率的潜力还很大。因此各国对植物吸收利用氮肥的规律及特点进行了大量的研究工作,以寻求提高氮肥利用率的合理施肥途径。王富林等<sup>[9]</sup>在苹果上研究了不同氮磷比对 $^{15}\text{N}$ -尿素的利用率影响发现低氮高磷水平下氮肥利用率较高,不同氮磷配比处理并没有改变树体各器官间 $^{15}\text{N}$ 丰度的高低顺序和 $^{15}\text{N}$ 分配规律。李洪波等<sup>[10]</sup>以嘎啦苹果为试材研究了相同施氮量下其对一次和分次施 $^{15}\text{N}$ -尿素的吸收、分配与利用情况,发现分次施肥处理 $^{15}\text{N}$ -利用率为 32.2%,显著高于一次施肥处理(23.34%)。

目前关于葡萄施用氮肥的研究,通常都侧重于氮肥施用量和施用时期对葡萄产量的影响,至于水分亏缺条件下,不同肥水比对葡萄生长状况及氮肥施用后在植株体内的吸收、分配和氮素的利用等方面,则较少涉及。

本试验针对这一问题,在前期研究基础上,以无核白鸡心葡萄为研究对象,采取 $^{15}\text{N}$ 稳定同位素示踪技术和室外盆栽试验相结合的方法,系统研究水分亏缺条件下,不同肥水比对葡萄生长状况,标记氮肥利用率及其在植株体内分配的影响,为干旱地区葡萄水肥的合理施用,进一步采取措施调控土壤氮素循环与供应,提高氮肥利用率,减少氮素损失提

供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2011 年在沈阳农业大学葡萄园试验园进行,供试材料为 2 a 生无核白鸡心葡萄(Centennial Seedless)贝达砧木嫁接苗。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 取葡萄园表层(0 ~ 20 cm)土壤,过 5 mm 筛,去除植物残体,将鲜土混合均匀装入花盆,每盆装鲜土 7.5 kg,盆中土壤的理化性质为有机质 15.85 g·kg<sup>-1</sup>、全氮 1.15 g·kg<sup>-1</sup>、全磷 1.53 g·kg<sup>-1</sup>、全钾 19.55 g·kg<sup>-1</sup>、速效氮 105.45 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷 19.60 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾 120.45 mg·kg<sup>-1</sup>。于 5 月 1 日选取长势基本一致、健壮、无病虫害的无核白鸡心嫁接苗移栽入盆中,每盆 1 棵,定植后盆表面用塑料膜覆盖,置于避雨棚下,防止雨水及水分蒸发对试验的影响。盆栽试验采用完全随机排列进行,于 5 月 12 日开始肥水处理试验。试验期间用重量法定期补充水分,使其含水量维持在试验设定值。

以环刀法测定盆中土壤的田间最大持水量(FC),然后根据预备试验中表现较好的处理,设定 3 个灌水处理、3 个肥料配比处理,共设 9 个处理,每个处理重复 3 次。具体实施方案见表 1。其中所施用氮肥为标记 $^{15}\text{N}$ 的硫酸铵[( $^{15}\text{NH}_4$ )<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>](含 N 量为 21%), $^{15}\text{N}$ 丰度为 10.00%,购自上海化工研究院; $^{15}\text{N}$ 的自然丰度(对照值)为 0.3663%;磷肥为过磷酸钙(含 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 量为 18%),钾肥为硫酸钾(含 K<sub>2</sub>O 量为 50%)。

按照表 1 中的施肥量进行分期追施,分别在萌芽期(5 月 12 日)施总氮肥的 30%、总磷肥的 30%、总钾肥的 25%;坐果期(6 月 15 日)施总氮肥的 40%、总磷肥的 40%、总钾肥的 40%;转色期(7 月 10 日)只施钾肥,施总钾肥的 20%;成熟期(8 月 5 日)施总氮肥的 30%、总磷肥的 30%、总钾肥的 15%。

表 1 不同水肥处理实施方案

Table 1 Implementation of different water and fertilizer treatment

| 处理<br>Treatment | 灌水量水平<br>Irrigation | 施 N 量<br>/(g·株 <sup>-1</sup> )<br>N content | 施 P 量<br>/(g·株 <sup>-1</sup> )<br>P content | 施 K 量<br>/(g·株 <sup>-1</sup> )<br>K content |
|-----------------|---------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                 |                     | /(g·plant <sup>-1</sup> )                   | /(g·plant <sup>-1</sup> )                   | /(g·plant <sup>-1</sup> )                   |
| T1              | 75% ~ 80% FC        | 3                                           | 1.5                                         | 4.5                                         |
| T2              | 55% ~ 60% FC        | 3                                           | 1.5                                         | 4.5                                         |
| T3              | 40% ~ 45% FC        | 3                                           | 1.5                                         | 4.5                                         |
| T4              | 75% ~ 80% FC        | 3                                           | 1.5                                         | 7.5                                         |
| T5              | 55% ~ 60% FC        | 3                                           | 1.5                                         | 7.5                                         |
| T6              | 40% ~ 45% FC        | 3                                           | 1.5                                         | 7.5                                         |
| T7              | 75% ~ 80% FC        | 3                                           | 7.5                                         | 4.5                                         |
| T8              | 55% ~ 60% FC        | 3                                           | 7.5                                         | 4.5                                         |
| T9              | 40% ~ 45% FC        | 3                                           | 7.5                                         | 4.5                                         |

试验于 8 月 30 日结束,先测定植株形态及生理相关指标,然后进行破坏性整株取样。整株解析为地上(当年生新梢、叶、主干)和地下(根)部分。各部分样品按清水→洗涤剂→清水→1% 盐酸→3 次去离子水顺序冲洗后,立即在 105℃ 下杀青 30 min,随后在 80℃ 下烘至恒重,称量各部分干重。不锈钢电磨粉碎后过 0.25 mm 筛,混合装袋用于全 N 及其丰度的分析。

1.2.2 形态指标的测定 采用 YMJ 型叶面积仪测定葡萄叶面积;游标卡尺测定新梢粗度;叶绿素含量的测定采用丙酮法<sup>[11]</sup>。

1.2.3 光合、蒸腾速率的测定 采用 CIRAS-1 型便携式光合仪对叶片的光合速率( $P_n$ )、蒸腾速率( $E$ )进行测量,所测叶片均选取从新梢顶端向下第 5~6 片叶。

1.2.4 全氮及<sup>15</sup>N 丰度的测定 凯氏定氮法测定全氮<sup>[12]</sup>;MAT-251 质谱仪测定<sup>15</sup>N 丰度<sup>[13]</sup>。样品在中国农业科学院原子能利用研究所测试。

所有指标测定均重复 3 次。

1.2.5 数据处理与计算公式 所有图表应用 Microsoft Excel 2003 软件进行图表绘制,不同处理间参数的差异显著性通过 SPSS13.0 软件中的 DUNCANS 新极差多重比较。

计算方法:

原子百分超 = 丰度(实测值) – 自然丰度(对照值)

植物吸收肥料中的氮量占植株总氮量的百分率( $Ndff\%$ ) = (植物样品中<sup>15</sup>N 丰度% – 自然丰度%) / (肥料中<sup>15</sup>N 丰度% – 自然丰度%) × 100;

植物吸收自土壤中的氮量占植株总氮量的百分率( $Ndfs\%$ ) = 100% –  $Ndff\%$

肥料 N 的植物利用率(%) = (植株干重 × 植株全 N% × 植株全<sup>15</sup>N 原子百分超) / (施标记肥量 × 肥料 N% × 肥料<sup>15</sup>N 原子百分超) × 100

氮肥分配率(%) = 各器官从 N 肥中吸收的 N 量(g) / 总吸收 N 量(g) × 100。

$A_N = Ndfs\% / Ndff\% \times {}^{15}N$  标记氮肥施用量(以 N 计)<sup>[14]</sup>

2 结果与分析

2.1 水肥配比对葡萄形态指标的影响

由表 2 可以看出,不同水肥处理对葡萄的新梢粗度产生不同影响,T6 处理新梢粗度显著低于 T4 处理,降低了 17.6%,其他处理间也存在差异,但未达到显著水平。由处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 数据发现,在相同肥料配比下,随着水分胁迫程度的加剧,葡萄植株新梢粗度呈下降趋势,由此可见水分胁迫能够抑制新梢的加粗生长。在相同的水分条件下,适当提高磷钾肥比例可有效促进新梢的加粗生长。

表 2 不同处理葡萄形态指标的比较

Table 2 Comparison of grape morphological index of different treatment

| 处理<br>Treatment | 新梢粗度<br>Shoot coarseness<br>/mm | 叶面积<br>Leaf area<br>/cm <sup>2</sup> | 叶绿素含量<br>Chlorophyll content<br>/(μg·g <sup>-1</sup> ) |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| T1              | 11.92ab                         | 152.63abcABC                         | 449.79abcdABC                                          |
| T2              | 11.40ab                         | 129.91cdBC                           | 472.15abAB                                             |
| T3              | 10.49ab                         | 116.70dC                             | 513.58aA                                               |
| T4              | 12.08a                          | 161.14abAB                           | 369.97deBC                                             |
| T5              | 11.82ab                         | 178.82aA                             | 394.03bcdeBC                                           |
| T6              | 9.95b                           | 136.04bcdABC                         | 453.84abcABC                                           |
| T7              | 10.81ab                         | 139.54bcdABC                         | 374.92cdeBC                                            |
| T8              | 11.41ab                         | 151.29abcABC                         | 349.25eC                                               |
| T9              | 10.67ab                         | 113.64dC                             | 429.63bcdeABC                                          |

注:不同大写字母表示差异极显著( $P < 0.01$ );不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ), $n = 3$ 。图 1~3、表 4~6 同。

Note: Different capital letters indicate very significant difference( $P < 0.01$ ); different lowercase indicate significant difference( $P < 0.05$ ),  $n = 3$ . the same as Fig.1~3,Tab.4~6.

不同处理对叶面积的影响表明,T5 处理叶面积较高,极显著高于 T3 处理,说明轻度水分胁迫下,适量增施钾肥可增大叶面积。T4 处理、T5 处理之间以及 T7 处理、T8 处理之间存在差异,但未达到显著水平,说明同正常灌水量相比,轻度水分胁迫对葡萄叶片生长影响较小。随着水分胁迫的加剧,叶面积呈下降趋势,中度水分胁迫下,叶面积最小。在相同的水分条件下,我们发现 T4、T5 处理的叶面积均显著高于其他处理,由此可见适量增施钾肥利于叶面积

的增大,而 T6 处理的叶面积较小,则可能由于中度水分胁迫所致。

同样由表 2 可知,叶片叶绿素含量随着水分胁迫程度的加剧也呈现递增趋势,T3 处理叶绿素含量比 T9 处理提高了 19.54%,说明施肥配比为 N:P:K = 2:1:3 的肥料处理更有利于叶绿素含量的增加。整体来看,轻度水分胁迫以及中度水分胁迫并没有破坏叶绿素结构,且随着胁迫程度的加深,叶绿素含量呈递增趋势,可能是适当的水肥配比提高了叶绿素的合成效率,使其受水分胁迫的影响较少。

2.2 水肥对比对葡萄光合速率的影响

由图 1 可以看出,在相同肥料配比下,采收后 T4 处理光合速率最高,极显著高于 T5 处理和 T6 处理,T1 处理光合速率极显著高于 T2 和 T3 处理,由此可见在相同肥料配比下,光合速率随着水分胁迫程度的增加而下降。在相同水分处理条件下,不同肥料对比对光合速率的影响规律不明显,正常水分条件下,T1、T4 处理光合速率较高,处理间差异不显著,但均极显著高于 T7 处理。轻度水分胁迫下,T2、T8 处理间差异不显著,但均显著高于 T5 处理。中度水分胁迫下,T3、T6、T9 处理间差异不显著。T4 处理的钾肥比例高于 T1 处理,生长后期光合速率较高。因此生长后期维持正常含水量和适当增施钾肥,有利于光合速率的提高。

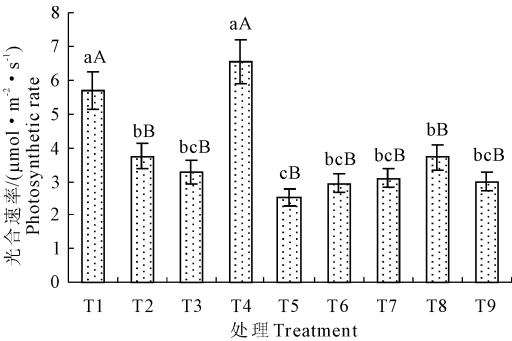


图 1 不同处理葡萄光合速率的比较

Fig.1 Comparison of Photosynthetic rate of different treatment

2.3 水肥对比对葡萄蒸腾速率的影响

由图 2 可以看出,在轻度水分胁迫下,随着施钾量的增加,蒸腾速率呈下降趋势,其中 T5 处理蒸腾速率显著低于 T2 处理。在中度水分胁迫下,T6 处理、T9 处理与 T3 处理蒸腾速率无显著差异,这是由于长时间的中度水分胁迫导致大量气孔处于关闭状态,从而蒸腾速率较低。在相同肥料配比下,T1 处理蒸腾速率最高,显著高于 T2 和 T3 处理,进一步说明水分胁迫导致气孔关闭,可降低蒸腾速率。

综合生长期光合速率,T8 处理光合速率较高,

而蒸腾速率相对较低,因此水分田间持水量的 55% ~ 60%、施肥配比为 N:P:K = 2:5:3 的水肥处理可降低蒸腾速率,提高光合速率,从而提高水分利用效率。

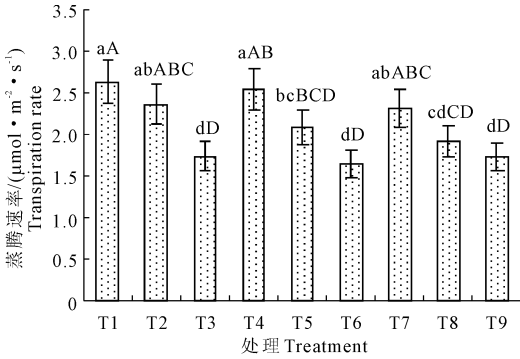


图 2 不同处理葡萄蒸腾速率的比较

Fig.2 Comparison of transpiration rate of different treatment

2.4 水肥对比对葡萄植株氮素含量的影响

由表 3 可知植株各器官在全氮的积累上存在一定差异,在叶片中以 T6 处理的全氮含量最高,极显著高于 T7 处理;T3、T6、T9 处理间差异不显著,由此可见,中度水分胁迫有利于叶片氮素的积累,在同样水分条件下,适当提高钾肥比例可以促进叶片氮素积累。在新梢中以 T9 处理的全氮含量最高,极显著高于处理 T1、T4、T7,显著高于 T2、T5 处理,但 T3、T6、T9 处理间差异不显著。可见,随土壤水分的降低,新梢中全氮含量逐渐增加。不同肥料对比对新梢全氮含量的影响处理间未达显著水平,从数据上看,适当增加磷钾肥比例,新梢全氮含量较高。在植株的根、主干中,全氮的积累趋势大致相同,均以中度水分胁迫时全氮含量较高,且在主干中,处理 T3、T6、T9 显著高于处理 T1、T4、T7。从整个葡萄植株来说,所有处理均以根部的全氮含量最高,明显高于植株其他器官,可见葡萄生长后期,根系开始大量积累氮素,从而可以提高水分胁迫下植株的抗旱性,同时可以积累较多营养,为翌年植株生长打下基础。

植株各器官在 <sup>15</sup>N 丰度上也存在较大差异,总体来看,以叶片、新梢中 <sup>15</sup>N 丰度较高,而根、茎中 <sup>15</sup>N 丰度较低,不同处理间存在差异。叶片中以 T3 处理最高,极显著高于 T1 处理,其他处理间差异不显著。新梢中也以 T3 处理最高,显著高于 T1、T6 处理。主干中 T3 处理最高,极显著高于 T1 处理,其他处理间差异不显著。根中 T3 处理极显著高于 T1、T4、T7 处理。处理 T3、T6、T9 和处理 T1、T4、T7 间差异不显著。由此可见,相同肥料配比下,土壤含水量降低有利于葡萄各器官 <sup>15</sup>N 丰度的增加,可见在中度水分胁迫下葡萄植株对肥料氮的吸收有增强趋势。在相

同水分条件下,不同肥料配比对<sup>15</sup>N 丰度有一定影响,但未达到差异显著水平。可见,土壤水分状况对

肥料的吸收情况影响较大,在葡萄生长后期,适当控水可以促进氮肥的吸收。

表 3 不同处理葡萄植株各部位氮素含量的比较/%

Table 3 Comparison of nitrogen content of plant each parts by different treatment

| 处理<br>Treatment | 叶 Leaf          |                           | 新梢 Shoot        |                           | 主干 Stem         |                           | 根 Root          |                           |
|-----------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
|                 | 全 N             | <sup>15</sup> N 丰度        | 全 N             | <sup>15</sup> N 丰度        | 全 N             | <sup>15</sup> N 丰度        | 全 N             | <sup>15</sup> N 丰度        |
|                 | Total N content | <sup>15</sup> N Abundance | Total N content | <sup>15</sup> N Abundance | Total N content | <sup>15</sup> N Abundance | Total N content | <sup>15</sup> N Abundance |
| T1              | 0.825bcAB       | 4.8bB                     | 0.721bB         | 4.610bc                   | 0.581dC         | 2.568bB                   | 1.306b          | 2.269cB                   |
| T2              | 0.837bcAB       | 5.825aAB                  | 0.733bAB        | 5.369abc                  | 0.691bcdABC     | 3.471aA                   | 1.528ab         | 3.505abAB                 |
| T3              | 0.993abAB       | 6.094aA                   | 0.869abAB       | 5.8a                      | 0.78abAB        | 3.923aA                   | 1.75a           | 3.983aA                   |
| T4              | 0.825bcAB       | 5.547aAB                  | 0.714bB         | 5.176abc                  | 0.607cdBC       | 3.307abA                  | 1.392ab         | 2.571bcB                  |
| T5              | 0.811bcAB       | 5.738aAB                  | 0.744bAB        | 5.568ab                   | 0.687bcdABC     | 3.554aA                   | 1.445ab         | 3.477abAB                 |
| T6              | 1.09Aa          | 5.233abAB                 | 0.854abAB       | 4.586c                    | 0.822aA         | 3.305aAB                  | 1.744a          | 2.713bcAB                 |
| T7              | 0.765cB         | 5.218abAB                 | 0.687bB         | 5.132abc                  | 0.605cdBC       | 3.529aA                   | 1.389ab         | 2.293cB                   |
| T8              | 0.833bcAB       | 5.357abAB                 | 0.823abAB       | 5.315abc                  | 0.731abcABC     | 3.365abA                  | 1.585ab         | 3.117abcAB                |
| T9              | 1.059aAB        | 5.449abAB                 | 0.983aA         | 5.397abc                  | 0.813aA         | 3.776aA                   | 1.761a          | 3.416abAB                 |

2.5 水肥配比对葡萄植株氮素来源的影响

器官的 Ndff%<sup>[15]</sup>是指植株器官从<sup>15</sup>N 肥料中吸收分配到的<sup>15</sup>N 量对该器官全氮量的贡献率,它反映了植株器官对肥料<sup>15</sup>N 的吸收征调能力。植株各器官对<sup>15</sup>N 的竞争能力存在差异(图 3),结果表明,地上部新生器官新梢、叶片中 Ndff% 值均较高,而主干和根中 Ndff% 较低,表明葡萄幼树地上部新生营养器官(新梢、叶片)对<sup>15</sup>N 的征调能力较强,贮藏器

官(主干、根)对<sup>15</sup>N 的征调能力较低。由此可知,在葡萄生长后期,新梢、叶片对肥料<sup>15</sup>N 有较强的吸收能力,而根、主干中虽然全氮含量较高,但更多是来自于土壤氮素,对肥料氮素积累较少,根系吸收的氮素会运转到贮藏器官,之后会直接再向地上部新生营养器官中进行转移,目的是为幼树新梢、叶片等新生器官建造所需的氮素等营养进行供给、贮藏,保证树体正常生长发育。

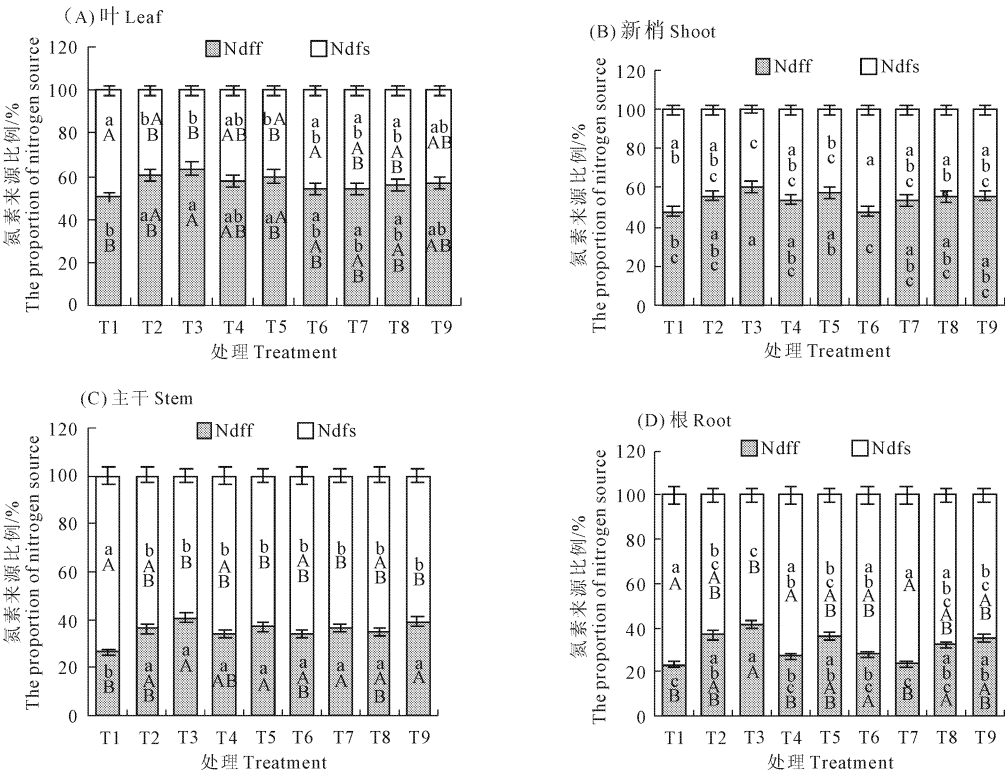


图 3 不同处理下葡萄植株各器官氮素来源比较

Fig.3 Comparison of nitrogen source of different treatment

由 3 - A、3 - B 可知,叶片中 T3 处理的 Ndff% 显著高于 T1 处理,其他处理间均差异不显著;新梢中 T3 处理显著高于 T1、T6 处理,其他处理间均差异不显著。由此可见,在土壤水分含量较低的情况下,叶片和新梢对肥料<sup>15</sup>N 有较强的征调能力。图 3 - C、3 - D 表明,根、主干中的 Ndff% 值整体较低,而 Ndfs% 值较高。不同肥水处理对主干的氮素来源比例影响较小,而对根的氮素来源比例影响较大,不同处理间差异显著。主干中的 Ndff% 值只有 T1 处理显著低于其他处理,而其他处理间均未达到差异显著水平;根中的 Ndff% 值不同处理间则存在显著差异,随土壤水分含量的增加,根中 Ndff% 值逐渐降低,但轻度和中度水分胁迫间未达到显著差异。由此可见,土壤水分含量对植株各器官的肥料氮素吸收会产生较大影响,在相同的肥料配比下,轻中度水分胁迫可以增强葡萄植株对氮肥的吸收能力,提高器官 Ndff% 值。

2.6 水肥配比对葡萄植株氮素分配的影响

各器官中<sup>15</sup>N 分配率即各器官中<sup>15</sup>N 占全株<sup>15</sup>N 总量的百分率,反映了肥料氮在树体内的分布及在各器官迁移的规律<sup>[16]</sup>不同水肥处理对葡萄各器官氮肥分配率的影响(表 4)存在差异,数据显示,根系的<sup>15</sup>N 分配率要显著高于其他器官,最高可以达到 43.37%。主干和新梢次之,叶片最小。表明在葡萄幼树体内肥料氮迁移分布和贮藏主要集中在了根系当中,其次分布贮藏在新梢、主干,而叶片中氮素的分布贮藏则较少。叶中<sup>15</sup>N 分配率整体较低,不同的肥水配比对其影响很小,处理间均未达到显著水平。由于此时植株的叶片已经开始衰老,养分逐渐回流,更多养分贮藏于根、主干,肥水处理对叶片的影响效应开始减弱。新梢中以 T1 处理的分配率最高,显著高于 T2、T8、T9 处理,其他处理间差异不显著。新梢和叶片的肥水处理规律基本相似,均表现为正常灌水量情况下,器官的<sup>15</sup>N 分配率较高。主

干中以 T7 处理的氮肥分配率最高,显著高于 T1 处理,其他处理间差异不显著。可见在相同的水分条件下,提高磷钾肥比例可以提高葡萄主干的<sup>15</sup>N 分配率。根系在整个植株中的氮肥分配率最高,肥水配比对其的影响规律与地上部分(叶、新梢、主干)存在差异,由表 4 可知,T8 处理显著高于 T4、T7 处理,其他处理间也有一定差异,表明葡萄生长后期,轻微水分胁迫、适当提高磷钾肥比例可以显著提高根系的氮肥分配率。

表 4 不同处理葡萄植株各部位氮肥分配率比较/%  
Table 4 Comparison of nitrogen distribution rates of plant each parts by different treatment

| 处理<br>Treatment | 叶<br>Leaf | 新梢<br>Shoot | 主干<br>Stem | 根<br>Root |
|-----------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| T1              | 19.087a   | 26.395a     | 18.867c    | 35.266abc |
| T2              | 17.677a   | 18.219b     | 20.880abc  | 43.004ab  |
| T3              | 16.764a   | 21.390ab    | 22.983abc  | 38.657abc |
| T4              | 21.376a   | 23.801ab    | 25.322ab   | 29.137c   |
| T5              | 15.010a   | 22.185ab    | 19.943bc   | 42.560ab  |
| T6              | 16.972a   | 22.262ab    | 24.89abc   | 35.708abc |
| T7              | 17.995a   | 23.243ab    | 26.694a    | 31.942bc  |
| T8              | 15.141a   | 20.175b     | 21.109abc  | 43.374a   |
| T9              | 15.548a   | 19.863b     | 22.633abc  | 41.702ab  |

2.7 水肥配比对葡萄植株氮素利用率的影响

表 5 数据显示,不同肥水处理的各器官<sup>15</sup>N 利用率差异较大。根系的<sup>15</sup>N 利用率最高,达到 11.176%,主干、新梢次之,叶片仍为最小,部分处理仅为根系的四分之一。从整个植株的<sup>15</sup>N 当季利用率来看,不同处理间存在较大差异。T8 处理极显著高于 T1、T7 处理,分别高出 10.41 和 8.51 个百分点,同时也显著高于 T4 处理。可见,相同肥料配比下,轻度水分胁迫植株氮肥利用率最高。同样发现,在相同水分条件下,提高磷钾肥比例可以提高葡萄植株的氮肥利用率。

表 5 不同处理葡萄植株各部位氮肥利用率(%)及 A<sub>N</sub> 值(g·pot<sup>-1</sup>)比较  
Table.5 Comparison of nitrogen use efficiency(%) and A<sub>N</sub> value(g·pot<sup>-1</sup>) of plant each parts by different treatment

| 处理 Treatment | 叶 Leaf | 新梢 Shoot | 主干 Stem  | 根 Root   | 整株 Total plant | A <sub>N</sub> 值 A <sub>N</sub> Value |
|--------------|--------|----------|----------|----------|----------------|---------------------------------------|
| T1           | 2.936a | 4.044a   | 2.906bB  | 5.339bB  | 15.321bB       | 5.150aA                               |
| T2           | 4.384a | 4.529a   | 5.190aA  | 10.616aA | 24.818aA       | 3.416bcB                              |
| T3           | 4.252a | 5.428a   | 5.831aA  | 9.777aA  | 25.376aA       | 2.848cB                               |
| T4           | 3.937a | 4.408a   | 4.703aAB | 5.420bB  | 18.569bAB      | 3.981abcAB                            |
| T5           | 3.860a | 5.623a   | 5.082aA  | 10.904aA | 25.664aA       | 3.324bcB                              |
| T6           | 3.337a | 4.362a   | 4.867aAB | 6.918bAB | 19.547bAB      | 4.349abAB                             |
| T7           | 3.091a | 4.003a   | 4.595aAB | 5.496bB  | 17.219bB       | 4.187abAB                             |
| T8           | 3.873a | 5.176a   | 5.423aA  | 11.176aA | 25.732aA       | 3.752bcAB                             |
| T9           | 3.950a | 5.079a   | 5.686aA  | 10.525aA | 25.353aA       | 3.424bcB                              |

土壤水分条件与土壤中氮素的转化和供氮能力有密切的关系。通过计算  $A_N$  值可以表征土壤的供氮性能。 $A_N$  值是指在施氮条件下,在作物生长期土壤所能提供的有效氮的总量<sup>[17]</sup>。同一土壤施用不同的肥料用量之后测得的土壤  $A_N$  值可以反映出不同肥料施用量对土壤有效氮的影响,这种有效氮包括土壤本身提供的,也包括土壤微生物对肥料的矿化作用所释放出来的有效氮<sup>[18]</sup>。

由表5可看出土壤水分条件及施肥配比对土壤  $A_N$  值的影响。 $T_1$  处理值最高,极显著高于  $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_9$ ,其他处理间也存在一定差异性,由此可见,在氮磷钾肥配合施用的情况下,随土壤含水量的提高  $A_N$  值增加,土壤供氮量增加。

### 3 讨论与结论

水和肥是制约葡萄生长的重要因素,研究水分亏缺下肥料配比对葡萄生长发育的影响,对如何在水分受限制的条件下合理施用水肥,提高水肥利用效率具有重要意义。植物受到水分胁迫时,体内代谢的变化导致生长状况出现变化。本试验结果表明,在轻度水分胁迫(水分为田间持水量的 55% ~ 60%)、肥料配比为  $N:P:K = 2:5:3$  的水肥处理下无核白鸡心葡萄的新梢粗度、叶面积等重要形态指标均处于较高水平,这充分说明,轻度水分胁迫下适当提高磷钾肥施用量能有效增加无核白鸡心葡萄植株生物量,促进植株的生长发育。这与郭修武<sup>[19]</sup>等在葡萄上、王富林<sup>[9]</sup>等在苹果上的研究结果一致。

本试验通过对光合速率、蒸腾速率的研究结果表明,在轻度水分胁迫下,增施钾肥能增加气孔阻力,降低葡萄蒸腾速率,增加植株保水能力。无核白鸡心葡萄在轻度水分胁迫(55% ~ 60% FC)下,施肥配比为  $N:P:K = 2:5:3$  时能降低葡萄蒸腾速率,提高植株光合速率,从而能有效提高水分利用效率。这与李予霞等<sup>[20]</sup>在葡萄、郑炳松等<sup>[21]</sup>在水稻上的研究结果一致。

水分胁迫能显著影响植物体内的氮素利用和积累。本试验表明不同肥水处理的  $Ndff\%$  值均表现出一致的规律,地上部新生器官叶片、新梢中  $Ndff\%$  值较高,主茎和根贮藏器官  $Ndff\%$  较低。表明无核白鸡心葡萄幼树地上部新生营养器官(新梢、叶片)对 $^{15}\text{N}$ 的征调能力较强,贮藏器官(主干、根)对 $^{15}\text{N}$ 的征调能力则较弱。这与韩明玉<sup>[22]</sup>、李洪波等<sup>[10]</sup>研究嘎啦苹果地上部新生器官  $Ndff$  值增长明显的结果一致。同时与管长志<sup>[23]</sup>等研究晚秋葡萄在果实成熟期  $Ndff$  主要分配在叶中,所占比例为 61.46%

的结果也基本一致。

同时试验表明,土壤水分含量对植株各器官的肥料氮素吸收会产生较大影响,在相同的肥料配比下,轻中度水分胁迫可以增强葡萄植株对氮肥的吸收能力,提高器官  $Ndff\%$  值。试验中  $Ndff\%$  值及 $^{15}\text{N}$ 丰度较高,与管长志<sup>[23]</sup>、吴海卿<sup>[24]</sup>、房祥吉<sup>[25]</sup>等研究结果基本一致,而与王富林<sup>[9]</sup>等在苹果上结果不一致,分析原因可能是本试验为盆栽试验,采用避雨及薄膜覆盖,有效减少了 $^{15}\text{N}$ 的挥发及淋溶损失。同时也可能与树种、树龄及试验处理时间长短有关,具体原因尚需进一步研究。

肥水配比不仅影响葡萄的养分吸收,也与其在各个器官的分配密切相关。不同处理各器官中 $^{15}\text{N}$ 分配趋势基本一致, $^{15}\text{N}$ 分配率根系最高,其次是新梢、主茎,叶片的 $^{15}\text{N}$ 分配率最低,这与史祥宾<sup>[26]</sup>等研究巨峰葡萄表明根和多年生器官对 $^{15}\text{N}$ 的竞争能力在成熟期明显增强,根系的 $^{15}\text{N}$ 分配率和利用率均显著高于其他器官,多年生器官(主干、多年生枝)次之的结果相一致。而与李洪波等<sup>[10]</sup>在苹果上、赵凤霞等<sup>[27]</sup>在甜樱桃上的报道不一致,分析其原因可能与试验试材的种类、树龄等因素有关,具体原因尚须进一步研究。各器官 $^{15}\text{N}$ 分配的关系表明无核白鸡心葡萄幼树体内肥料氮迁移分布和贮藏主要分配在贮藏器官中以充足的营养越冬和供给来年的生长。这与葡萄的实际生长发育状况相一致。

果树土施氮肥的利用率较低,土施氮肥利用率在 25% ~ 35%<sup>[28-29]</sup>;赵林等<sup>[30]</sup>研究,早春土施氮肥,氮肥的当年利用率为 27.54%。本试验结果表明,从整个植株的 $^{15}\text{N}$ 当季利用率来看,不同处理的氮肥利用率在 25.7% ~ 15.3% 之间,验证了前人研究结果。同时发现,相同肥料配比下,轻度水分胁迫下植株氮肥利用率最高;在相同水分条件下,提高磷钾肥比例可以提高葡萄植株的氮肥利用率。

综上所述,要保证葡萄植株的正常生长,选择适宜的水肥配比尤为重要。本研究认为,从 9 个水肥配比处理结果可见,在水分为田间持水量的 55% ~ 60%、肥料配比为  $N:P:K = 2:5:3$  的水肥处理为最优肥水配比,建议在无核白鸡心幼树管理中按此配比进行肥水管理,可以有效提高氮肥利用率,增加氮素积累,保障树体营养生长。同时,土壤本身供氮能力( $A_N$  值)直接影响到果树植株体的吸氮水平,而肥料的形态、种类、配比及复合化程度又将影响土壤供氮的能力( $A_N$  值),这种“相容关系”的连锁反应,启发我们在果园土壤施肥问题上除了考虑施肥技术,

而且还应考虑肥料的有机－无机复合化程度。所以,生产中应结合有机肥施用,提高土壤  $A_N$  值,利用无机氮的“激发效应”作用,改善有机肥的供氮环境和性能,活化土壤中固有的氮素,增强土壤氮对植株的供给能力<sup>[18]</sup>。

参 考 文 献:

[1] 梁运江, 依艳丽, 许广波, 等. 水肥耦合效应的研究进展与展望[J]. 湖北农业科学, 2006, 45(3): 385-388.

[2] 李文庆, 张 民, 束怀瑞. 氮素在果树上的生理作用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2002, 33(1): 96-100.

[3] 范国荣, 刘 勇, 刘善军, 等. 氮素营养在落叶果树中利用的研究[J]. 江西农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(2): 191-195.

[4] 彭福田, 姜远茂, 顾曼如, 等. 落叶果树氮素营养研究进展[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 54-58.

[5] 巨晓棠, 张福锁. 中国北方土壤硝态氮的累积及其对环境的影响[J]. 生态环境, 2003, 12(1): 24-28.

[6] Dunn S M, Vinten A J, Lilly A, et al. Modelling nitrate losses from agricultural activities on a national scale[J]. Water Sci Technol, 2005, 51: 319-327.

[7] Abril A, Baleani D, Casado－Murillo N, et al. Effect of wheat crop fertilization on nitrogen dynamics and balance in the Humid Pampas, Argentina[J]. Agr Ecosyst Environ, 2007, 119: 171-176.

[8] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 778-783.

[9] 王富林, 周 乐, 李洪娜, 等. 不同氮磷配比对富士苹果幼树生长及 $^{15}N$ －尿素吸收、分配与利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(5): 1102-1108.

[10] 李洪波, 葛顺峰, 姜远茂, 等. 嘎啦苹果不同施肥深度对 $^{15}N$ －尿素的吸收、分配与利用特性[J]. 中国农业科学, 2011, 44(7): 1408-1414.

[11] 程瑞平, 束怀瑞. 水分胁迫对苹果树生长和叶中矿质元素含量的影响[J]. 植物生理学通讯, 1992, 28(1): 32-34.

[12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.

[13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.

[14] 张 卫, 李永潮, 黄建英. 应用 $^{15}N$ 示踪研究谷子对氮肥的吸收利用以及土壤  $A_N$  值[J]. 土壤通报, 1989, 10(4): 166-168.

[15] 顾曼如.  $^{15}N$  在苹果氮素营养研究中的应用[J]. 中国果树,

1990, (2): 46-48.

[16] 徐季娥, 林裕益, 吕瑞江, 等. 鸭梨秋施 $^{15}N$ －尿素的吸收与分配[J]. 园艺学报, 1993, 20(2): 145-149.

[17] 王百群, 张 卫, 余存祖. 用 $^{15}N$ 示踪法研究不同土壤水分条件下小麦对氮的吸收利用[J]. 核农学报, 1999, 13(6): 362-367.

[18] 封幸兵, 李佛琳, 杨 跃, 等. 以 $^{15}N$ 研究烤烟对饼肥和秸秆肥中氮素的吸收与分配[J]. 华中农业大学学报, 2005, 24(6): 604-609.

[19] 郭修武, 王丛丛, 周兴本, 等. 水分胁迫下肥料配比对葡萄生长发育的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(2): 140-145.

[20] 李予霞, 崔百明, 董新平, 等. 水分胁迫下葡萄叶片脯氨酸和可溶性总糖积累与叶龄的关系[J]. 果树学报, 2004, 21(2): 170-172.

[21] 郑炳松, 蒋德安, 翁晓燕, 等. 钾营养对水稻剑叶光合作用关键酶活性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2001, 27(5): 489-494.

[22] 韩明玉, 张芳芳, 张立新, 等. 矮化中间砧富士苹果初夏土施 $^{15}N$ －尿素的吸收分配特性[J]. 中国农业科学, 2011, 44(23): 4841-4847.

[23] 管长志, 曾 骤, 孟昭清. 山葡萄(Vitioa mureosis Rupr)晚秋叶施 $^{15}N$ －尿素的吸收、运转、贮藏及再分配的研究[J]. 核农学报, 1992, 6(3): 153-158.

[24] 吴海卿, 杨传福, 孟兆江. 应用 $^{15}N$ 示踪技术研究土壤水分对氮素有效性的影响[J]. 土壤肥料, 2000, (1): 16-19.

[25] 房祥吉, 姜远茂, 彭福田, 等. 不同沙土配比对盆栽平邑甜茶的生长及 $^{15}N$ 吸收、利用和损失的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(4): 131-134.

[26] 史祥宾, 杨 阳, 翟 衡, 等. 不同时期施用氮肥对巨峰葡萄氮素吸收、分配及利用的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1444-1450.

[27] 赵凤霞, 姜远茂, 彭福田, 等. 甜樱桃对 $^{15}N$ 尿素的吸收、分配和利用特性[J]. 应用生态学报, 2008, 19(3): 686-690.

[28] Nario A, Pino I, Zapata F. Nitrogen  $^{15}N$  fertiliser use efficiency in peach (Prunns persica L) cv. Golden crest trees in Chile[J]. Scientific Horticulture, 2002, 97: 279-287.

[29] Toselli M, Flore J A, Avalloni C. Nitrogen partitioning in apple trees as affected by application time[J]. Horttechnology, 2000, 10(1): 136-141.

[30] 赵 林, 姜远茂, 彭福田. 嘎拉苹果对春施 $^{15}N$ －尿素的吸收、利用与分配特性[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1439-1443.