

DOI:10.11937/bfyy.201516007

杏净光合速率与相关生理生态参数的灰色关联分析

孙 猛¹, 吕德国², 刘威生¹, 孙绍春¹

(1. 辽宁省果树科学研究所, 辽宁 熊岳 115009; 2. 沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘 要:运用灰色系统理论,分析了干旱处理与正常管理下“沙金红”、“玛瑙”和“山杏”净光合速率(Pn)与气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)、蒸腾速率(Tr)、叶片温度(Tleaf)、大气CO₂浓度(Ca)、水分含量(H₂O)、空气相对湿度(RH)、光合有效辐射(PAR)等主要生理生态参数的灰色关联系数及关联度,明确了干旱处理与正常管理下影响杏净光合速率各生态因子的主次关系。结果表明:正常管理下影响杏净光合速率最大的分别是蒸腾速率、光合有效辐射和叶片温度,干旱处理下影响杏净光合速率最大的分别是CO₂浓度、气孔导度和叶片温度,而且不同品种影响其净光合速率的生态因子主次关系不同,同一品种在不同栽培环境条件下影响其净光合速率的生态因子主次关系也不同,生产上应针对不同品种、不同发育阶段制定相应的配套栽培措施。

关键词:杏;干旱;灰色关联分析;净光合速率

中图分类号:S 662.2 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2015)16-0033-03

杏(*Armeniaca* Mill.)属蔷薇科(Rosaceae)李亚科(Prunoideae)杏属(*Armeniaca*)植物,是起源于中亚地区

第一作者简介:孙猛(1979-),男,硕士,助理研究员,现主要从事果树栽培生理等研究工作。E-mail:tianf1979@163.com.

收稿日期:2015-03-25

的一种古老的温带落叶果树,广泛分布于我国的“三北”地区,是该地区的主要经济林树种之一。光合作用是影响果树产量和品质的决定性因素,其过程对环境条件变化十分敏感^[1]。现运用灰色系统理论,分析了干旱处理与正常管理下杏叶片净光合速率与其相关生理、生态因子的相互关系,旨在找出各影响因子间的主次关系,以

Simulation of Water Productivity and Soil Water Use of Different Planting Density Apple Orchard

GUO Zheng¹, LI Jun², ZHANG Yujiao², CAO Yu², ZHANG Lina¹, FAN Peng¹

(1. College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. College of Agronomy, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking apple orchards under six different planting density treatments during 1965—2009 at Luochuan as research object. The WinEPIC model was used to simulated the dynamic changes of water productivity and deep soil desiccation of apple orchards. The results showed that simulated annual apple yield of different density apple orchards increased in the early growth stage and then decreased with fluctuation in Luochuan. The higher planting density, the higher annual yield was obtained at early growth stage, but the yield at late growth stage was decreased more for excessive consumption of soil water. Water stress days of apple orchards showed a growth trend which was opposed to the change trend of annual rainfall. With planting density increasing, water stress occurred earlier and water stress days got larger, simulated annual available soil water amounts in 0—15 m soil layer of apple orchards decreased. The higher planting destiny of treatment had, the faster increasing rate of desiccated soil layer depth could have and the earlier time for desiccated soil layer occurred as well. To summarize, taking yield and sustainable utilization of soil water into consideration, it suggested the suitable planting densities of apple orchards was 833—1 000 plants/hm² and reasonable years for soil water sustainable use was 20—25 years in Luochuan.

Keywords: apple orchard; planting density; yield; soil desiccation; WinEPIC model

期为提高杏叶片的光合效率和制定杏高效栽培措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为“沙金红”、“玛瑙”、“山杏”3个杏品种2年生盆栽树(用山杏嫁接),土壤为园土、草炭、河沙(按3:1:1比例)混合土。

1.2 试验方法

试验于2010年在辽宁省果树科学研究所国家果树种质熊岳杏李杏圃内进行,园土、草炭、河沙(按3:1:1比例)混合土分成2个处理组,一组于6月中旬,控制土壤含水量为土壤田间持水量的40%,另一组正常管理,每组每个品种各选取3盆长势良好、大小一致的树,共计3次重复,每株树选取新梢中部完全展开的3个成熟叶片进行测定。在7月中旬,选择无云晴朗的天气,利用LI-6400便携式光合仪(美国LI-COR公司)每隔1h测定1次净光合速率,同时记录各相关参数。

1.3 数据分析

对测得的数据进行灰色关联分析。依据灰色关联度分析原理^[2],把光合作用视为一个灰色系统,以光合作用各因子的测定值作无量纲化处理,并采用均值化处理,得参考数列 $X_0'=[X_0'(1), X_0'(2), \dots, X_0'(m)]$ 和比较数列 $X_i'=[X_i'(1), X_i'(2), \dots, X_i'(m)]$ 。 X_0' 数列为光合速率(X_0)序列均值化处理后的生成数列; $X_i'(i=1, 2, \dots, 6)$ 为相应 X_i 序列的生成数列。依据灰色关联度分析法,得 X_0' 与 X_i' 在第 k 点的关联系数。

$$\xi_i(k) = \frac{\min_i(\Delta_i(\min)) + 0.5 \max_i(\Delta_i(\max))}{|X_0(k) - X_i(k)| + 0.5 \max_i(\Delta_i(\max))}$$

$|X_0(k) - X_i(k)|$ 表示 X_0 数列于 X_i 数列在 k 点的绝对差值; $\min_i(\Delta_i(\min))$ 称为二级最小差; $\max_i(\Delta_i(\max))$ 称为二级最大差,其中,0.5是分辨系数,一般在0与1

之间选取。综合各关联系数,得比较数列(X_0')与参考数列(X_i')的关联度。

$$r_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \xi_i(k)$$

将数据带入上述公式,分别计算正常管理与干旱处理下“沙金红”、“玛瑙”、“山杏”3个品种的净光合速率(X_0)与气孔导度(X_1)、胞间 CO_2 浓度(X_2)、蒸腾速率(X_3)、叶片温度(X_4)、大气 CO_2 浓度(X_5)、水分浓度(X_6)、相对湿度(X_7)和光合有效辐射(X_8)等生理生态因子之间的关联度,并排序。

2 结果与分析

2.1 正常管理下影响杏净光合速率的主导因子

从表1可以看出,正常管理下,与“沙金红”净光合速率(Pn)关系最密切的是蒸腾速率(Tr),其次是光合有效辐射(PAR)、叶片温度(Tleaf)、水浓度(H_2O)、大气 CO_2 浓度(Ca)、相对湿度(RH)、气孔导度(Gs)和胞间 CO_2 浓度(Ci),与“玛瑙”净光合速率(Pn)关系最密切的是蒸腾速率(Tr),其次是叶片温度(Tleaf)、水浓度(H_2O)、光合有效辐射(PAR)、气孔导度(Gs)、相对湿度(RH)、大气 CO_2 浓度(Ca)和胞间 CO_2 浓度(Ci),与“山杏”净光合速率关系最密切的是蒸腾速率(Tr),其次是光合有效辐射(PAR)、气孔导度(Gs)、水浓度(H_2O)、叶片温度(Tleaf)、相对湿度(RH)、大气 CO_2 浓度(Ca)和胞间 CO_2 浓度(Ci)。说明正常管理下, CO_2 浓度、空气湿度等不是制约杏叶片光合作用的主要因子,叶片净光合速率主要受光照和温度影响,这与前人研究相一致^[3]。生产上要保证杏叶片处于充足的光照和适宜的温度下生长,所以通光路、调温度是主要的栽培措施,如适当的摘心,疏除过密枝,温室栽培中,增加光照、延长光照时间,控制温度在18~30℃等。

表1 干旱处理与正常管理下杏叶片净光合速率与生态因子间的关联度及其排序

Table 1 Under drought and normal treatment relational grade ranks apricot leaf Pn and ecological factors

处理	品种	r 值及排序	(X_1)	(X_2)	(X_3)	(X_4)	(X_5)	(X_6)	(X_7)	(X_8)
Treatment	Variety	r and No.	气孔导度 Gs	胞间 CO_2 浓度 Ci	蒸腾速率 Tr	叶片温度 Tleaf	大气 CO_2 浓度 Ca	水分浓度 H_2O	相对湿度 RH	光合有效辐射 PAR
正常管理 Normal	“沙金红”	ri	0.650 5	0.606 6	0.838 4	0.782 3	0.741 5	0.749 0	0.668 5	0.819 4
		No.	7	8	1	3	5	4	6	2
	“玛瑙”	ri	0.638 1	0.531 0	0.792 4	0.737 7	0.609 7	0.700 5	0.625 5	0.697 5
		No.	5	8	1	2	7	3	6	4
	“山杏”	ri	0.711 3	0.510 9	0.860 5	0.631 0	0.552 6	0.640 4	0.594 1	0.768 0
		No.	3	8	1	5	7	4	6	2
干旱处理 Drought	“沙金红”	ri	0.457 2	0.684 0	0.447 2	0.672 2	0.664 8	0.677 8	0.664 1	0.666 8
		No.	7	1	8	3	5	2	6	4
	“玛瑙”	ri	0.725 2	0.722 9	0.712 0	0.689 0	0.766 9	0.692 9	0.699 5	0.692 0
		No.	2	3	4	8	1	6	5	7
	“山杏”	ri	0.777 1	0.629 4	0.791 8	0.714 6	0.567 9	0.680 0	0.668 3	0.711 2
		No.	2	7	1	3	8	5	6	4

正常管理下,虽然“沙金红”、“玛瑙”、“山杏”3个品种净光合速率与其它因子间的关联度总体呈上述描述

情况,但不同品种间还是存在一定差异,这种差异是品种本身造成的,与品种的起源、长期驯化等有关。

2.2 干旱处理下影响杏净光合速率的主导因子

干旱处理下,3个杏品种净光合速率与各生态因子之间的关联度出现了较大的差异,与“沙金红”关系密切的是胞间 CO_2 浓度、水分浓度和叶片温度,与“玛瑙”关系密切的是大气 CO_2 浓度、气孔导度和胞间 CO_2 浓度,与“山杏”关系密切的蒸腾速率、气孔导度和叶片温度。这说明在土壤含水量为田间持水量 40% 的干旱胁迫下, CO_2 供应和水分供应是影响“沙金红”和“玛瑙”光合作用的主要因子,同时体现出在水分亏缺时,增加 CO_2 浓度能在一定程度上增加光合速率;而“山杏”是杏属植物中抗旱能力较强的类型之一,在土壤含水量为田间持水量 40% 的干旱胁迫下,山杏能通过调节气孔导度调节水分和 CO_2 进出,进而调控蒸腾速率,以适应光合作用。

3 讨论与结论

“沙金红”属华北品种群,起源和分布于我国华北地区,适宜夏季温暖、湿润的季风气候,抗旱能力一般。“玛瑙”属欧美生态群,较适宜夏季高温、干燥的地中海气候,抗旱能力较强。而“山杏”为野生类型,多分布于我国“三北”地区,是杏属植物中最抗旱、抗寒的类型。从该试验的灰色关联分析结果看,在正常管理下,各品种净光合速率与生态因子的主次关系较为一致,但干旱处理后,各品种净光合速率与生态因子的主次关系发生了较大的变化,这种变化反映了品种起源与生态适应性的差异^[4]。

同一品种,在不同的栽培条件下其净光合速率与其它生态因子的主次关系亦有不同。以“沙金红”来说,在正常管理下,水分供应和 CO_2 供应较稳定,温度随光合有效辐射的变化而变化,因此,净光合速率与蒸腾速率、光合有效辐射和温度的关联度最高。在干旱胁迫下,由于长时间受到土壤水分供应限制,植物体通过气孔调节,减少蒸腾失水,因而蒸腾速率减小,使蒸腾速率与净光合速率的关联度下降,而气孔导度与净光合速率的关联度上升,水分供应不足还致使净光合速率对 CO_2 的供应更加敏感(一底物(H_2O)浓度变的情况下,可通过增加另一底物(CO_2)的浓度使反应向正方向进行),所以出现了干旱胁迫下,“沙金红”净光合速率与胞间 CO_2 浓度和水分浓度关联度最高的现象。但是,抗旱能力较强的“山杏”,拥有强大的气孔调节能力,其净光合速率与其它生态因子的主次关系变化不大。这表明品种对环境的适应能力不同,生产上应针对品种特点采取配套的栽培措施。

参考文献

- [1] 张斌斌,姜卫兵,韩健,等. 桃杂交 F1 净光合速率及其杂种优势与影响因素的关系[J]. 江苏农业科学,2010(5):231-233.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1990.
- [3] 孙猛,吕德国,刘威生. 杏属植物光合作用研究进展[J]. 果树学报,2009,26(6):878-885.
- [4] 孙猛,吕德国,刘威生. 不同品种群 15 个杏品种荧光特性研究初探[J]. 中国农学通报,2011,27(6):171-176.

Gray Relational Grade Analysis of Ecological and Other Physiological Characteristics to Leaf Net Photosynthetic Rate of Apricot

SUN Meng¹, LYU Deguo², LIU Weisheng¹, SUN Shaochun¹

(1. Liaoning Research Institute of Pomology, Xiongyue, Liaoning 115009; 2. College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161)

Abstract: By using the relational grade analysis of gray system theory, the relational gray coefficient and grade on leaf net photosynthetic rate (Pn) of three apricot cultivars ('Shajinhong', 'Mono', 'Shanxing', which were cultivated under normal and drought conditions) and main ecological factors (Gs, Ci, Tr, Tleaf, Ca, H_2O concentration of atmosphere, RH, PAR) were analyzed. The results showed that under normal condition, the factor which seriously influenced leaf Pn of apricot was Tr, PAR and Tleaf. Under drought condition, the factor which seriously influenced leaf Pn of apricot was Ca, Gs and Tleaf. There were different relational grade ranks in different cultivars, and for the same cultivar, there were different relational grade ranks under different condition, integrated cultural practices should be made on cultivar characteristics and developmental stage.

Keywords: apricot; drought condition; gray relational grade analysis; net photosynthetic rate