

木醋液与萘乙酸钠复合作用对花生 光合特性及产量的影响

曹莹¹, 张贺楠¹, 孟军², 杨乾罡¹, 张学艳¹, 康兆凯¹, 周国驰¹

(1. 沈阳农业大学农学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学生物炭工程技术研究中心, 辽宁 沈阳 110866)

摘要: 以花生品种“农大 3 号”为材料, 研究了木醋液与萘乙酸钠溶液复合处理对花生光合性能及产量的影响。结果表明: 与对照相比, 不同喷施处理对单株结果数、单株果重均具有促进作用; 出仁率除 B_3-300N_3-20 、 B_2-300N_2-20 处理低于对照, 其余均有提高, B_3-600N_3-20 出仁率提高幅度最大, 达到 75.1%; 300 倍木醋液或 20 $mg \cdot L^{-1}$ 萘乙酸钠三次喷施对于抑制株高效果理想, 600 倍木醋液与 20 $mg \cdot L^{-1}$ 萘乙酸钠复合处理促进花生有效分枝数的提高; 高浓度的复合处理 (B_3-300N_3-20) 对花生光合速率 (P_n) 有抑制作用; 除喷施 300 倍木醋液处理组 ($B_{300}N_0$ 、 $B_{300}N_{10}$ 、 $B_{300}N_{20}$) 外, 其余各组均呈现出随喷施次数增加, SPAD 值显示为上升趋势。采用系统聚类法对产量进行聚类分析, 按照产量由高至低可聚为 3 类, 分别包含 3 个、10 个、14 个处理。试验表明: 最佳喷施处理为 600 倍木醋稀释液混合 20 $mg \cdot L^{-1}$ 萘乙酸钠, 喷施 3 次。

关键词: 花生; 木醋液; 萘乙酸钠; 光合作用; 产量

中图分类号: S565.2 **文献标志码:** A

Effects of wood vinegar and sodium naphthalene acetate on photosynthesis and yield of peanut

CAO Ying¹, ZHANG He-nan¹, MENG Jun², YANG Qian-gang¹,
ZHANG Xue-yan¹, KANG Zhao-kai¹, Zhou Guo-chi¹

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

2. Biochar Engineering Technology Research Center of Liaoning Province, Shenyang, Liaoning 110866, China)

Abstract: An experiment with treatments of wood vinegar and sodium naphthalene acetate was carried out to research photosynthetic indexes and yield traits of peanut under different spraying conditions, and to identify the optimal combination. The results showed that pod number and pod weight of peanut were elevated under different spraying treatments. Kernel rates of B_3-300N_3-20 and B_2-300N_2-20 were lower than that of the control, but others were increased. Three spraying of 300 times wood vinegar or 20 $mg \cdot L^{-1}$ sodium naphthalene acetate lowered the plant height. The combination of 600 times wood vinegar and 20 $mg \cdot L^{-1}$ sodium naphthalene acetate increased effective branch number of peanut. B_3-300N_3-20 inhibited the photosynthetic rate. In addition to the treatment group of spraying 300 times wood vinegar ($B_{300}N_0$, $B_{300}N_{10}$, and $B_{300}N_{20}$), the rest of those showed that SPAD value increasing with the increasing dose of spraying. System cluster analysis showed the best treatment was the combination of 600 times wood vinegar mixed 20 $mg \cdot L^{-1}$ sodium naphthalene acetate and being sprayed 3 times.

Keywords: peanut (*Arachishypogaea* L.); wood vinegar; sodium naphthalene acetate; photosynthesis; yield

木醋液是木材干馏或制炭过程中经热解冷凝回收, 具有烟熏气味, 是一种以乙酸为主, 含有多种醇、酚及其衍生物的有机化合物, 还有胺类等少量碱类物质, 以及多种有机成分和微量元素^[1-2]。木醋液虽然不速效, 但可避免和降低作物中农药的残留问题, 促进绿色农业的发展^[3-4]。木醋液综合利用在

收稿日期: 2016-02-01
基金项目: 辽宁省科技攻关项目“生物炭暨秸秆炭化还田技术体系集成与产业化示范”(2014215019)
作者简介: 曹莹 (1973—), 女, 辽宁铁岭人, 副教授, 博士, 主要从事花生高产栽培生理研究。E-mail: caoying1111@163.com。
通信作者: 孟军 (1977—), 男, 湖北远安人, 教授, 博士, 主要从事生物炭产品开发利用研究。E-mail: mengjun1217@163.com。

美国、日本等国家非常广泛。它们已将木醋液应用于植物生长调节剂和防治病虫害、堆肥、饲料添加剂、食品添加剂、抗寒剂等方面^[5]。日本学者将木醋液用于甘薯幼苗栽培中。试验结果显示木醋液对幼苗生长发育及产量均具有促进作用;将甘薯幼苗置于培养液中,其根系的生长明显要好于对照组,根数、根长均有不同程度的增加;盆栽试验结果显示,甘薯干物质收获量比对照高 11% ~ 23%,产量提高 14%^[6]。国内利用木醋液作为农业液体肥料的研究报道较多。已有研究证明,木醋液作为叶面肥对作物生长具有较为明显的作用^[7],包括促进植物种子的萌发等^[8-9]。木醋液在杀虫抑菌方面也有一定效果^[10]。申凤善等用不同浓度木醋液进行水稻种子发芽试验,结果表明高浓度木醋液抑制水稻种子萌发,低浓度则促进种子萌发和幼根生长^[11]。

萘乙酸钠(NaNA)是一种广谱型植物生长调节剂,对人畜低毒,能促进不定根和根的形成,促进细胞的分裂与扩大,加速叶绿素的合成,提高产量,改善品质等^[12-13]。研究得出,萘乙酸钠对处理硬枝插条愈伤组织的形成,促进生根并促进新生根的加长生长和加粗生长,有效提高插条成活率均具有明显的促进作用。目前为止,我国利用木醋液和萘乙酸钠作为花生叶面肥提高其产量方面的研究报道尚少。本文就木醋液和萘乙酸钠对花生产量影响及其对提升花生光合作用效果进行探索,旨在为利用木醋液和萘乙酸钠提高花生产量提供基础数据,为进一步开展研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

供试土壤:供试土壤为耕作棕壤,位于沈阳农业大学后山试验基地,土壤肥力中等,其中土壤 pH = 6.3,有机质 13.2 g·kg⁻¹,全氮 1.07 g·kg⁻¹,碱解氮 91.7 mg·kg⁻¹,有效磷 18.62 mg·kg⁻¹,速效钾 88.38 mg·kg⁻¹。

供试花生品种为农大 3 号。木醋液原液由沈阳农业大学生物炭中心提供。

1.2 试验设计

试验采取小区种植,随机区组排列,每小区 3 行,行长 5 m,小区面积 9 m²,共设 81 个小区,3 次重复。种子精选后于 2014 年 5 月 10 日播种,种植密度 15 万穴·hm⁻²,2 株·穴⁻¹。基肥采用花生专用复合肥 500 kg·hm⁻²(N:P₂O₅:K₂O = 15:15:15),开花期追施尿素 75 kg·hm⁻²,木醋液原液采用 0、1.665、3.333 g·L⁻¹,即分别为 0 倍、600 倍、300 倍水稀释液

(分别用 B_{x-0}、B_{x-600}、B_{x-300} 表示),萘乙酸钠分别配制成 0、10、20 mg·L⁻¹ 水溶液(分别用 N_{x-0}、N_{x-10}、N_{x-20} 表示),其中 X 为喷施次数,一次在苗期喷施;二次在苗期、开花下针期喷施;三次在苗期、开花下针期、结荚期喷施(对照分别设为 B₁₋₀N₁₋₀、B₂₋₀N₂₋₀、B₃₋₀N₃₋₀)。三次喷施时间分别为 6 月 18 日、7 月 10 日、8 月 3 日。喷施时选取无风或微风天气,上午 08:00—10:00,每个处理重复 3 次,喷施处理对应编号见表 1,2014 年 9 月 28 日收获。

1.3 测定项目与方法

第三次喷施结束后 7 天(8 月 10 日)测定花生主茎倒三叶的光合参数,8 月 11 日测定花生主茎倒三叶的叶绿素含量及农艺性状。光合指标测定使用美国 Licor 公司生产的 Li-6400 型便携式光合测定系统进行活体测定;花生叶片叶绿素 SPAD 值采用便携式叶绿素仪进行活体测定。测定在晴天 09:00—11:00 进行,各处理随机选取植株 5 株,结果取其平均值。花生收获时每小区随机取 10 株进行测定。测定项目:株高、有效分枝数、出仁率、单株果重、单株果数。

数据分析采用 SPSS 18.0 数据处理系统和 Microsoft Excel 2003 软件。

2 结果与分析

2.1 木醋液和萘乙酸钠复合作用对花生单株结果数、出仁率和单株果重的影响

由表 2 看出,花生不同喷施处理对单株结果数均具有促进作用,B₃₋₆₀₀N₃₋₁₀、B₃₋₆₀₀N₃₋₂₀ 促进作用明显,与对照组相比,分别提高了 38.3% 和 48.0%,达到了显著性差异水平(P < 0.05)。随喷施次数的增加,相同喷施浓度处理的单株结果数呈增加趋势,B₁₋₆₀₀N₁₋₂₀、B₂₋₆₀₀N₂₋₂₀、B₃₋₆₀₀N₃₋₂₀ 之间体现的更为明显。

花生出仁率处理显示,与对照相比,花生在特定生长期(苗期、开花下针期、结荚期)喷施木醋液、萘乙酸钠除 B₃₋₃₀₀N₃₋₂₀、B₂₋₃₀₀N₂₋₂₀ 其他处理总体上对出仁率有提高作用。B₆₀₀N₁₀、B₆₀₀N₂₀、B₃₀₀N₀、B₃₀₀N₁₀ 组出仁率提高明显。B₃₋₆₀₀N₃₋₁₀、B₂₋₆₀₀N₂₋₂₀、B₃₋₆₀₀N₃₋₂₀、B₂₋₃₀₀N₂₋₀、B₃₋₃₀₀N₃₋₀、B₃₋₃₀₀N₃₋₁₀ 出仁率均高于花生出仁率平均水平,其中 B₃₋₆₀₀N₃₋₂₀ 出仁率提高幅度最大,其出仁率为 75.1%,与对照相比,提高 12.3%。B₃₋₃₀₀N₃₋₂₀、B₂₋₃₀₀N₂₋₂₀ 出仁率低于对照。分析其原因,可能是由于其复合浓度过高,对花生生长转为抑制作用,但与对照相比,未达到差

异显著水平 ($P > 0.05$)。

与对照相比,单一喷施木醋液, $B_{2-300}N_{2-0}$ 、 $B_{3-300}N_{3-0}$ 、 $B_{600}N_0$ 单株果重提高达到显著性差异水平;在复合作用下,组合 $B_{2-600}N_{2-20}$ 、 $B_{3-600}N_{3-20}$ 、 $B_{3-300}N_{3-10}$ 单株果重均超过 50 g,单株果重大幅度提高,达到显著性差异水平 ($P < 0.05$)。总体上,相同浓度的复合处理,随着喷施次数的增加,单株果重增加,但 $B_{1-300}N_{1-20}$ 、 $B_{2-300}N_{2-20}$ 、 $B_{3-300}N_{3-20}$ 未体现这种趋势,说明了过高浓度的木醋液和萘乙酸钠复合对花生单株果重有抑制作用。

表 1 供试花生不同喷施处理

Table 1 Different spraying treatments for peanut

编号 No.	处理 Treatment	木醋液 Wood vinegar /(g·L ⁻¹)	NaNAA /(mg·L ⁻¹)	编号 No.	处理 Treatment	木醋液 Wood vinegar /(g·L ⁻¹)	NaNAA /(mg·L ⁻¹)
1	$B_{1-0}N_{1-0}$	0	0	15	$B_{3-600}N_{3-10}$	1.665	10
2	$B_{2-0}N_{2-0}$	0	0	16	$B_{1-600}N_{1-20}$	1.665	20
3	$B_{3-0}N_{3-0}$	0	0	17	$B_{2-600}N_{2-20}$	1.665	20
4	$B_{1-0}N_{1-10}$	0	10	18	$B_{3-600}N_{3-20}$	1.665	20
5	$B_{2-0}N_{2-10}$	0	10	19	$B_{1-300}N_{1-0}$	3.333	0
6	$B_{3-0}N_{3-10}$	0	10	20	$B_{2-300}N_{2-0}$	3.333	0
7	$B_{1-0}N_{1-20}$	0	20	21	$B_{3-300}N_{3-0}$	3.333	0
8	$B_{2-0}N_{2-20}$	0	20	22	$B_{1-300}N_{1-10}$	3.333	10
9	$B_{3-0}N_{3-20}$	0	20	23	$B_{2-300}N_{2-10}$	3.333	10
10	$B_{1-600}N_{1-0}$	1.665	0	24	$B_{3-300}N_{3-10}$	3.333	10
11	$B_{2-600}N_{2-0}$	1.665	0	25	$B_{1-300}N_{1-20}$	3.333	20
12	$B_{3-600}N_{3-0}$	1.665	0	26	$B_{2-300}N_{2-20}$	3.333	20
13	$B_{1-600}N_{1-10}$	1.665	10	27	$B_{3-300}N_{3-20}$	3.333	20
14	$B_{2-600}N_{2-10}$	1.665	10				

表 2 木醋液与萘乙酸钠复合作用对花生结果数、出仁率、果重的影响

Table 2 Effect of wood vinegar and NaNAA on the pod number, kernel rate and pod weight of peanut

编号 No.	单株结果数 Pod No. per plant (No·plant ⁻¹)	出仁率 Kenel rate /%	单株果重 Pod weight /(g·plant ⁻¹)	编号 No.	单株结果数 Pod No. per plant (No·plant ⁻¹)	出仁率 Kenel rate /%	单株果重 Pod weight /(g·plant ⁻¹)
1	25.0 e	62.2 e	39.1 e	15	35.4 ab	70.7 bc	49.9 bc
2	25.5 e	62.5 e	39.8 e	16	30.1 c	68.3 c	43.0b
3	25.6 e	62.8 e	39.3 e	17	33.6 b	73.2 b	50.5 bc
4	25.8 e	63.0e	40.4 e	18	37.9 a	75.1 a	53.7 a
5	26.3 de	68.9 c	41.2 de	19	30.2 c	69.8 c	48.3 c
6	27.2 d	67.6 c	44.3 d	20	31.2 bc	71.9 bc	51.1 b
7	26.9 de	69.9 c	41.2 de	21	31.1 bc	73.0 b	52.4 ab
8	27.8 d	65.6 c	42.6 de	22	28.6 cd	64.0 e	48.6 c
9	28.9 cd	65.4 c	45.3 cd	23	31.6 bc	64.4 e	49.9 bc
10	28.3 d	66.7 c	43.6 d	24	32.4 bc	72.2 b	50.2 bc
11	29.6 c	63.8 e	45.2 cd	25	26.4 de	63.7 e	46.0 cd
12	32.1 bc	64.9 d	46.3 cd	26	26.8 de	61.1 e	47.1 c
13	29.4 c	66.9 cd	45.3 cd	27	27.1 d	60.2 e	46.9 cd
14	30.5 c	68 c	45.8 de				

注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著,下同。

Note: Different small letters mean significantly different at $P < 0.05$ level. The same below.

2.2 木醋液和萘乙酸钠复合作用对花生农艺性状的影响

2.2.1 对花生株高的影响 对于花生来讲,植株越矮,越有利于果针扎入土壤。由图 1 可以看出,不同喷施处理均降低株高。单一喷施处理中, $B_{3-0}N_{3-20}$ (处理 9)和 $B_{3-300}N_{3-0}$ (处理 21)对株高抑制效果表现突出;复合处理中, $B_{3-600}N_{3-20}$ (处理 18)对株高的

抑制效果最明显,与对照组相比,其株高减少了 19.6%,达到了显著性水平($P < 0.05$)。高浓度的萘乙酸钠和木醋液处理组合($B_{300}N_{20}$)作用效果小于低浓度的萘乙酸钠与木醋液处理组合($B_{600}N_{10}$)。从喷施次数对于抑制株高的效果上看,喷施 3 次 > 喷施 2 次 > 喷施 1 次。

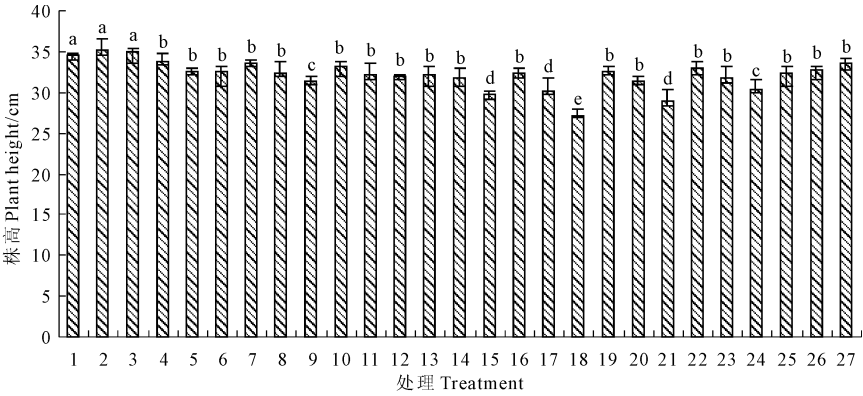


图 1 不同处理对花生株高的影响

Fig.1 Effects of different treatments on plant height of peanut

2.2.2 对花生有效分枝数的影响 由图 2 可以看出,单一喷施木醋液对花生有效分枝数有促进作用;低浓度萘乙酸钠作用效果优于高浓度。复合处理 $B_{600}N_{20}$ 组合中,木醋液和萘乙酸钠复合作用效果 > 木醋液单一喷施效果 > 萘乙酸钠单一喷施效果。木

醋液稀释 300 倍的单一喷施处理,即 $B_{300}N_0$ 组合(处理 19 - 21),其有效分枝数随着喷施次数的增加,抑制效果越来越显著。而 $B_{600}N_0$ (处理 10 - 12)、 $B_{300}N_{10}$ (处理 22 - 24)、 $B_{300}N_{20}$ (处理 25 - 27)随着喷施次数的增加,花生有效分枝数无显著变化($P > 0.05$)。

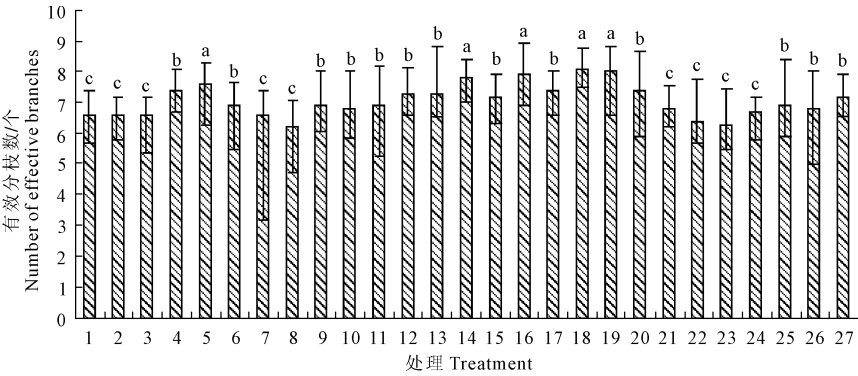


图 2 不同处理对花生有效分枝数的影响

Fig.2 Effects of different treatments on the number of effective branches of peanut

2.3 木醋液和萘乙酸钠复合作用对花生光合指标的影响

2.3.1 对花生净光合速率(P_n)的影响 由图 3 可见,喷施木醋液 600 倍的各处理($B_{600}N_0$ 、 $B_{600}N_{10}$ 、 $B_{600}N_{20}$)组中,随着喷施次数增加,净光合速率呈增加趋势,且 $B_{600}N_{20}$ 组效果相对最佳;喷施萘乙酸钠处理中,组合 $B_{2-0}N_{2-20}$ (处理 8)净光合速率最低,差异显著($P < 0.05$),其原因有待于进一步研究。在复合

喷施中,600 倍浓度的木醋液和萘乙酸钠组合,复合作用的净光合速率总体上好于单一喷施,并且 $B_{600}N_{20}$ 组有优于 $B_{600}N_{10}$ 组的趋势,与单一处理比,300 倍浓度木醋液和萘乙酸钠复合作用的净光合速率优势不明显。

2.3.2 对花生气孔导度(G_s)的影响 由图 4 可见,木醋液单一喷施促进气孔导度值的增大效果总体上优于萘乙酸钠单独喷施,优于对照。同时,木醋液与

萘乙酸钠随着浓度的升高,气孔导度有逐渐增大的趋势。在木醋液和萘乙酸钠复合喷施中,除 B₃₀₀N₂₀ 处理组,其他处理组随喷施次数增加,气孔导度变大,同对照相比处理间差异性显著 ($P < 0.05$)。总

体上木醋液与萘乙酸钠复合处理的效果要好于单一处理,但过高浓度的复合处理 B₃₀₀N₂₀,随着喷施次数增加,对花生气孔导度的促进作用减弱。

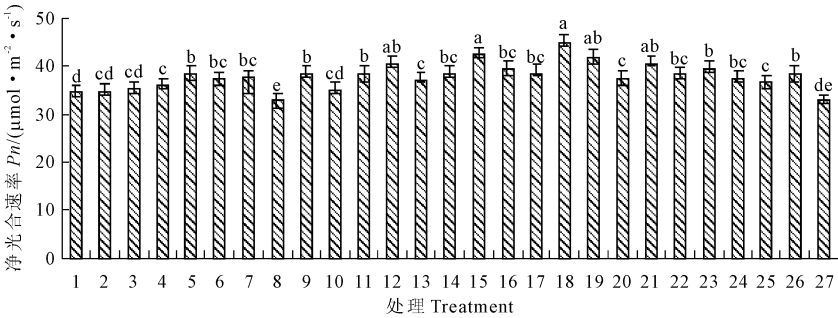


图 3 不同处理对花生净光合速率的影响
Fig.3 Effect of different treatments on the photosynthetic rate of peanut

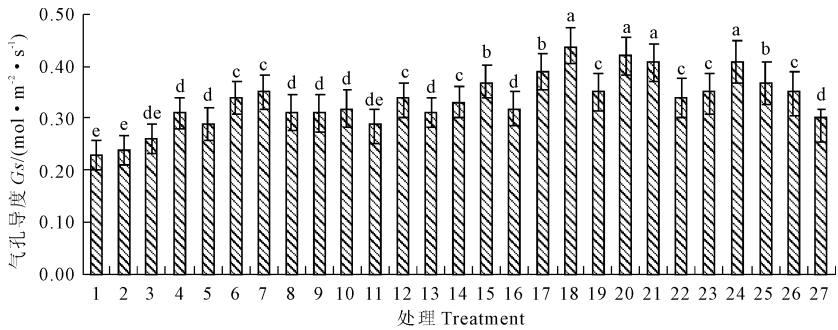


图 4 不同处理对花生气孔导度的影响
Fig.4 Effect of different treatments on the stomatal conductance of peanut

2.3.3 对花生胞间二氧化碳浓度 (C_i) 的影响 由图 5 可知,单独喷施木醋液溶液,体现出随浓度升高和喷施次数增加胞间二氧化碳浓度呈升高的趋势;单独喷施萘乙酸钠溶液,相同浓度喷施次数越多,胞

间二氧化碳浓度越高。复合喷施处理中,与对照相比,B₁₋₀N₁₋₁₀(处理 4)、B₁₋₀N₁₋₂₀(处理 7)对花生胞间二氧化碳浓度的升高效果不显著 ($P > 0.05$),其余处理对提升胞间二氧化碳浓度作用明显。

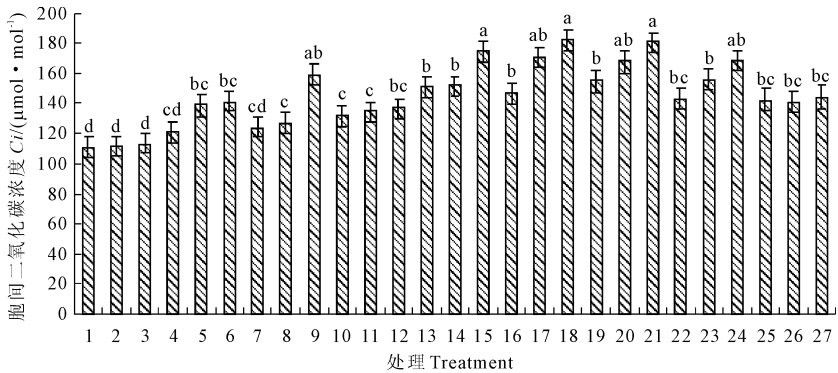


图 5 不同处理对花生胞间二氧化碳浓度的影响
Fig.5 Effect of different treatments on the intercellular CO₂ concentration

2.3.4 对花生蒸腾速率 (Tr) 的影响 如图 6 所示,木醋液喷施效果优于萘乙酸钠,各处理组均随喷施次数增加,蒸腾速率呈上升趋势;木醋液和萘乙酸钠

复合喷施效果与对照相比,B₃₋₆₀₀N₃₋₀、B₂₋₆₀₀N₂₋₂₀、B₃₋₆₀₀N₃₋₂₀、B₃₋₃₀₀N₃₋₀(处理 12、17、18、21)对蒸腾速率提升效果显著 ($P < 0.05$),其中 B₃₋₆₀₀N₃₋₂₀(处

理 18)数值最高。试验中,喷施 3 次对蒸腾作用提升最好。高浓度复合喷施 $B_{300}N_{20}$ (处理 25、26、27)对

蒸腾作用起到了抑制性作用。

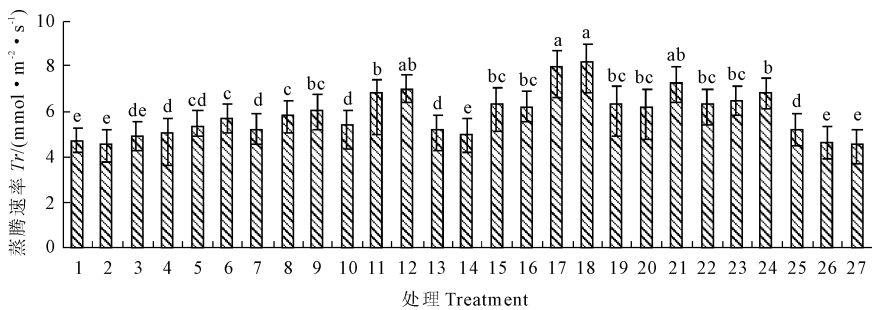


图 6 不同处理对花生蒸腾速率(Tr)的影响

Fig.6 Effect of different treatments on the rate of transpiration of peanut

2.3.5 对 SPAD 值的影响 图 7 表明,除喷施 300 倍木醋液处理组外($B_{300}N_0$ 、 $B_{300}N_{10}$ 、 $B_{300}N_{20}$),其余各组均呈现出随喷施次数增加,SPAD 值显示为上升趋势;单一喷施萘乙酸钠溶液,处理 4、8 效果低于对照,但未达到差异显著水平($P > 0.05$)。在复合喷

施处理中, $B_{3-600}N_{3-20}$ (处理 18)的 SPAD 值最高,为 52.6。总体上看,木醋液和萘乙酸钠复合作用的效果 > 单一喷施萘乙酸钠的效果 > 对照。高浓度处理 $B_{300}N_{20}$ 复合作用随着喷施次数的增加,SPAD 值未表现出增加趋势。

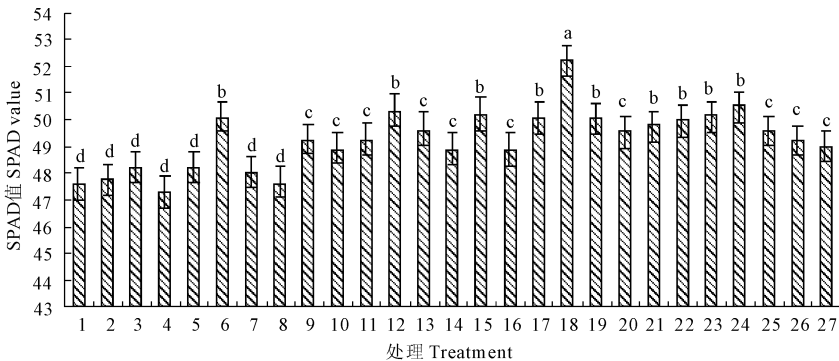


图 7 不同处理对 SPAD 值的影响

Fig.7 Effects of different treatments on the SPAD

2.4 不同处理下花生产量的聚类分析

使用系统聚类法对 27 个不同喷施处理产量进行聚类分析,根据相似性得到对花生产量不同影响的聚类组合。试验结果中,27 个处理按照产量可聚为 3 类(图 8),第一类包含 3 个处理,分别为 $B_{3-600}N_{3-10}$ (处理 15)、 $B_{2-600}N_{2-20}$ (处理 17)、 $B_{3-600}N_{3-20}$ (处理 18),第二类、第三类分别包含 10 个、14 个处理。第一类花生产量最高,第二类其次,第三类最低。在高产处理中可以看出,木醋液稀释浓度均为 600 倍,萘乙酸钠为 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时效果最好。

3 结 论

本试验除 $B_{3-300}N_{3-20}$ 、 $B_{2-300}N_{2-20}$ (处理 27、26)出仁率低于对照,其余处理单株结果数、出仁率、单

株果重均大于对照。从喷施次数上看, $B_{600}N_{10}$ 、 $B_{600}N_{20}$ 和 $B_{300}N_{10}$ (处理 13 – 15、16 – 18、22 – 24)处理组随喷施次数增加,单株结果数、出仁率、单株果重均有所增加,即喷施效果 3 次 > 2 次 > 1 次。

木醋液与萘乙酸钠最适复合浓度为木醋液稀释 600 倍,萘乙酸钠浓度为 $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。施用适宜浓度的木醋液与萘乙酸钠能够适当抑制花生地上部分的生长,对有效分枝数增加有明显促进效果。

本次试验中,表现高产的 $B_{600}N_{20}$ 和 $B_{600}N_{10}$ 处理组,净光合速率与气孔导度和胞间二氧化碳浓度总体变化趋势一致,相关系数分别达到 0.9891、0.9902 和 0.9785、0.9916,这与多数研究的植物气孔导度与光合速率关系研究结果相一致^[14]。

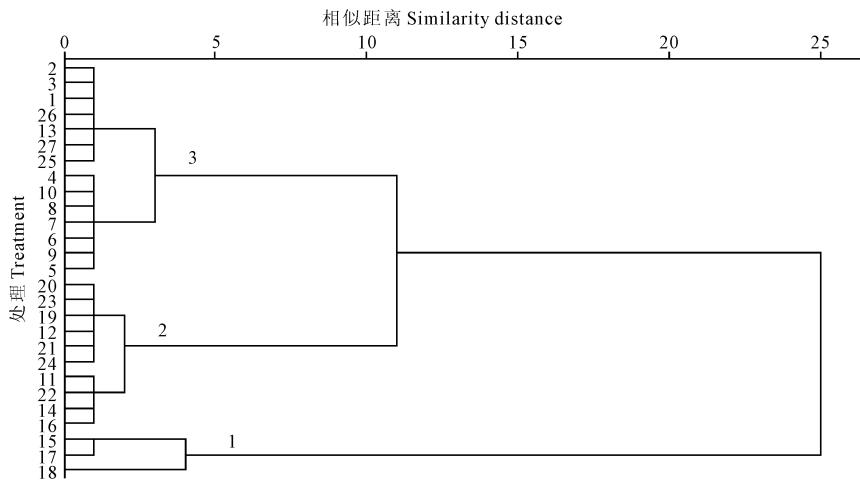


图 8 不同处理下花生小区面积产量的聚类分析

Fig.8 Cluster analysis of different treatments of peanut

4 讨 论

适宜浓度的木醋液和萘乙酸钠复合作用使花生产量增加,这可能是由于首先两种物质影响花生植株顶端优势,抑制茎秆纵向伸长,矮化植株,同时增加了花生有效分枝数。这种株型增加了营养物质向有效结果器官输送的比例,也为增加花生产量提供物质基础。另外植株适当矮化也有利于花生在开花下针期时,果针尽早扎入地下,提高荚果出仁率和饱满度^[15]。

其次,从本次试验高产处理的光合指标分析:一方面,适宜的萘乙酸钠、木醋液复合喷施使叶片气孔导度增加,气孔开放度变大,进入气孔内的二氧化碳浓度增加,保证了植物进行光合作用有充足的原料供应;另一方面,萘乙酸钠、木醋液复合喷施提升了叶绿素含量,这使得光反应有充足的叶绿素把光能先转化为电能再转化为活跃的化学能并储存在 ATP 中,ATP 中活跃的化学能在暗反应中又进一步转化变为糖类等有机物,以稳定的化学能进行贮存。

第三,木醋液含有的酚类和有机酸等物质对植物具有生理活性,含有的 Ca、Mg、Fe 等多种矿物质则为花生提供了中微量营养元素^[16-17]。另外,木醋液在农业生产上可作为杀虫剂、抗菌剂等使用^[18],木醋液含有的酸性等物质刺激植株,使植株启动防御机制,还能调节和改善花生植株表面的微生物环境,提高了花生植株抵抗病虫害的能力。木醋液对植物生长因用量不同而具有促进或抑制双重作用,这与前人关于木醋液浓度太高对植物生长有抑制作用的研究结果一致^[19-21],木醋液的抑制作用的产生可能是因为在高浓度的木醋液中,有机酸

含量过高,对花生产生毒害作用。过低浓度的木醋液,有效成分含量过低,对花生产量影响较小。

同样,作为广谱、高效、低毒的萘乙酸钠具有促进细胞分裂与扩大的效果,还能有效地提高作物抗旱、抗涝、耐盐碱等抗逆能力,进而增加作物产量^[22]。花生对萘乙酸钠的反应敏感性较低,较高浓度的萘乙酸钠能够起到疏花的作用,在保证花生结果数的前提下,后期继续施用萘乙酸钠,控制无效花产生,有利于花生将有限光合产物用于产量形成。由于试验地区的气候、土壤、花生品种等差异,复合作用还因其有效成分、比例关系等因素复杂,其机理还需要进一步探讨。

参 考 文 献:

[1] 张琳,董琳,王甲辰,等.木醋液作为叶面施用对西红柿长势及品质的影响[J].北京农业,2010,(30):58-62.

[2] Univ L, Fukuoka K, Furuya T, et al. Effect of different kinds of environmental friendly materials on the growth of rice[J]. J. Fac. Agric, 2007,52:39-42.

[3] 平安.木醋液在农业上的应用及作用机理研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2010.

[4] 施琳,尉芹,赵忠,等.苦杏壳木醋液多酚对核桃油过氧化抑制作用[J].食品科学,2013,34(5):76-80.

[5] 申健,杨国亭,刘德江.木醋喷施对蓝莓植株抗寒性的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2013,39(3):270-273.

[6] 杜冠华,森悦子,寺尾寛行ら.木酢液と木炭の混合物がサツマイモの生育に及ぼす影響[J].日記記,1998,67(2):149-152.

[7] Wei Q, Ma XH, Zhao Z. et al. Antioxidant activities and chemical profiles of pyrolygneous acids from walnut sheel[J]. Anal. Appl. Pyrolysis, 2010,88:149-154.

[8] 王元,翟梅枝,晏婷,等.不同温度段核桃壳木醋液的组分分析及生物活性研究[J].西北植物学报,2011,31(11):2321-2327.

参 考 文 献:

[1] 孙万仓,武军艳,方彦,等.北方旱寒区北移冬油菜生长发育特性[J].作物学报,2010,36(12):2124-2134.

[2] 王学芳,孙万仓,李孝泽,等.我国北方风蚀区冬油菜抗风蚀效果[J].生态学报,2009,29(12):6573-6577.

[3] 王学芳,孙万仓,李芳,等.中国西部冬油菜种植的生态效应评价[J].应用生态学报,2009,20(3):647-652.

[4] 王学芳.我国西北白菜型和甘蓝型冬油菜品种抗寒性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2009.

[5] 张俊杰,孙万仓,李学才,等.北方旱寒区冬油菜适宜群体的生长发育特性及生理生化基础[J].西北农业学报,2011,20(8):82-88.

[6] 刘自刚,张长生,孙万仓,等.不同生态区冬前低温下白菜型冬油菜不同抗寒品种(系)的比较[J].作物学报,2014,40(2):346-354.

[7] 叶剑,孙万仓,武军艳,等.群体密度对冬油菜产量和经济性状的影响[J].西北农业学报,2008,17(3):171-175.

[8] 曾秀存,孙万仓,方彦,等.白菜型冬油菜抗坏血酸过氧化物酶(APX)基因的克隆、表达及其活性分析[J].作物学报,2013,39(8):1400-1408.

[9] Wei Li, Jiefu Zhang, Yanglong Mou, et al. Integration of Solexa sequences on an ultradense genetic map in *Brassica rapa* L[J]. BMC Genomics, 2011,12:249.

[10] Yu S C, Zhang F L. Genetic mapping and localization of a major QTL for seedling resistance to downy mildew in Chinese cabbage(*Brassica rapa*ssp. *pekinensis*)[J]. Molecular Breeding, 2009,23:573-590.

[11] 王灏,王道杰,谭小力,等.用于 RAPD 分析的油菜总 DNA 的快速提取[J].西北农业学报,2001,10(3):32-34.

[12] 孔德晶,王月,孙万仓,等.北方白菜型冬油菜 F2 主要生理生化特性的变异与抗寒性相关分析[J].草业学报,2014,23(4):79-86.

[13] Song K M, Suzuki J Y, Slocum M K, et al. A linkage map of *Brassica rapa* (syn. *campetris*) base on restriction fragment length polymorphism loci[J]. Theor Appl Genet, 1991,82:296-304.

[14] Suwabe K, Iketani H, Nunome T, et al. Isolation and characterization of microsatellites in *Brassica rapa* L[J]. Theor Appl Genet, 2002,104:1092-1098.

[15] Pilet M L, Deloume R, Foisset N, et al. Identification of loci contributing to quantitative field resistance to blackleg disease, causal agent *Leptosphaeria maculans* (Desm.) Ces. et de Not., in Winter rapeseed (*Brassica napus* L.)[J]. Theor Appl Genet, 1998,96:23-30.

[16] Joyeux A, Fortin M G, Mayerhofer R, et al. Genetic mapping of plant disease resistance gene homologues using a minimal *Brassica napus* L. population[J]. Genome, 1999,42:735-743.

[17] 张学贤.白菜型冬油菜的抗寒性分析及抗寒性相关的分子标记[D].杨凌:西北农林科技大学,2014.

[18] Charles L G. Freezing tolerance of plants: Current understanding and selected emerging concepts[J]. Canadian Journal of Botany, 2003,81:1216-1223.

[19] Philley H W, Watson C E, Krans J V. Inheritance of cold tolerance in St. Augustinegrass[J]. Crop Science, 1998,38:451-454.

[20] 刘镇东.山葡萄高密度分子遗传图谱构建及抗寒性 QTL 定位研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2012.

[21] 巨伟,杨彩凤,张树华,等.冬小麦低温处理叶片细胞膜透性的 QTL 定位[J].作物学报,2012,38(7):1247-1252.

[22] 丁成龙,刘颖,许能祥,等.日本结缕草抗寒相关性状的 QTL 分析[J].草地学报,2010,18(5):703-707.

(上接第 191 页)

[9] 周岭,蒋恩臣,罗健.锯末木醋液对玉米种子萌发及幼苗影响的研究[J].玉米科学,2008,16(5):58-60.

[10] 杜相革,史咏竹.木醋液及其主要成分对土壤微生物数量影响的研究[J].中国农学通报,2004,20(3):45-47.

[11] 申凤善,鲁京兰,太俊哲.木醋液对水稻发芽生长的研究[J].延边大学农学报,2002,24(1):26-29.

[12] Jang C S. An economic analysis of pyroligneous liquid utilization in oriental medicine science and its support system for future development[D]. Korea, Seoul: Ministry Agriculture Forest, 2004:1-76.

[13] Jung K H. Growth inhibition effect of pyroligneous acid on pathogenic fungus, *Alternaria mali*, the agent of *Alternaria blotch* apple[J]. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 2007,12:318-322.

[14] 姜丽芬,石福臣,王化冈,等.叶绿素计 SPAD-502 在林业上的应用[J].生态学杂志,2005,24(2):1543-1548.

[15] 李清华,黄金堂,陈海玲,等.花生主要农艺性状协调关系的研究[J].花生学报,2008,37(4):40-44.

[16] 平安,杨国亭,高方,等.木醋液叶面喷洒对人参产量及人参皂苷含量的影响[J].华北农学报,2010,25(4):235-238.

[17] 董娟,付潘潘,刘晓雨,等.生物炭-木醋液包衣剂对玉米幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].土壤通报,2014,45(5):1207-1212.

[18] 平安,杨国亭,魏金玲,等.木醋液与 5 种植物提取物混用对菜青虫的防治效果[J].东北林业大学学报,2010,38(6):131-132.

[19] 林开敏,叶茂茂,林艳,等.酚类物质对土壤和植物的作用机制研究进展[J].中国生态农业学报,2010,18(5):1130-1137.

[20] 李忠徽,王旭东.灌施木醋液对土壤性质和植物生长的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(2):510-516.

[21] 吴昊,韩晓颖.木醋液的性质及应用研究进展[C]//中国环境科学学会 2010 年学术年会论文集.北京:中国环境科学出版社,2010.

[22] 张红菊,赵怀勇,郁继华,等. α -萘乙酸钠对温室辣椒产量和内源激素水平的影响[J].中国沙漠,2013,33(5):1390-1399.