昆明学院学报　2018，40（3）：1～10，15　ISSN 1674－5639　CN 53－1211/G4
Journal of Kunming University

基于 IBM SPSS 的 DMP 生产应用交互作用分析

徐兴阳[1]，张廷金[2]，端永明[1*]，朱法亮[3]，李俊明[4]，杨　俊[5]，闫春丽[2]
（1. 云南省烟草公司 昆明市公司，云南 昆明 650051；2. 昆明保腾生化技术有限公司，云南 昆明 650106；
3. 云南省烟草公司昆明市公司 富民分公司，云南 富民 650400；4. 云南省烟草公司昆明市公司
晋宁分公司，云南 晋宁 650600；5. 云南省烟草公司昆明市公司 寻甸分公司，云南 寻甸 655200）

摘要：采用盆栽试验法，随机完全区组设计，开展了 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长和抗 TMV 活性的交互作用研究．结果表明，DMP 用量×土壤质地、DMP 用量×水分、DMP 用量×土壤质地×水分对烟株生长和抗 TMV 活性的交互作用显著；土壤质地×水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用显著，但对烟株生长的交互作用不显著．7 d 浇水 1 次时，砂土中 DMP 用量为 1.5 g/株的烟株生长发育和抗 TMV 能力最好；壤土中用量为 1.5 g/株的烟株生长发育最好，用量为 1.0 g/株的烟株抗 TMV 能力最好．14 d 浇水 1 次时，砂土中 DMP 用量为 1.0 g/株的烟株生长发育和抗 TMV 能力最好；壤土中用量为 0.5 g/株的烟株生长发育最好，而用量为 1.5 g/株的烟株抗 TMV 能力最好．通过研究掌握了 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长和抗 TMV 活性的交互作用关系，获得了砂土和壤土中两种浇水频率下 DMP 的最佳用量参数，可为生产上合理应用提供科学参考．

关键词：青霉菌灭活菌丝体；TMV；砂土；壤土；水分；交互作用
中图分类号：S572　**文献标识码：**A　**文章编号：**1674－5639（2018）03－0001－10
DOI：10.14091/j.cnki.kmxyxb.2018.03.001

Analysis on Interaction of DMP Application Based on IBM SPSS Statistics

XU Xingyang[1], ZHANG Tingjin[2], DUAN Yongming[1*], ZHU Faliang[3], LI Junming[4], YANG Jun[5], YAN Chunli[2]
(1. Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Kunming, Yunnan, China　650051;
2. Kunming Baoteng Biochemical Technology Limited Company, Kunming, Yunnan, China　650106;
3. Fuming Subsidiary Company of Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Fuming, Yunnan, China　650400;
4. Jinning Subsidiary Company of Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Jinning, Yunnan, China　650600;
5. Xundian Subsidiary Company of Yunnan Tobacco Company Kunming Branch, Xundian, Yunnan, China　655200)

Abstract: Pots experiment method and randomized blocks design were taken to study the interactions between dosages of DMP, soil texture and water on the growth and anti-TMV activity of flue-cured tobacco. The results showed the obvious interactions between the dosage of DMP and soil texture, the dosage of DMP and water, the dosage of DMP and soil texture and water on the growth and anti-TMV activity of Flue-cured tobacco. The interaction between soil texture and water on the anti-TMV activity of Flue-cured tobacco was obvious but the interaction on the growth of flue-cured tobacco was not obvious. Watering once every 7 days with the dosage of DMP 1.5 grams per plant was more beneficial to the growth and anti-TMV activity of flue-cured tobacco in sandy soil. The dosage of DMP 1.5 grams per plant was more beneficial to the growth of flue-cured tobacco in loamy soil. The dosage of DMP 1.0 grams per plant was more beneficial to the anti-TMV activity of flue-cured tobacco in loamy soil. Watering once every 14 days with the dosage of DMP 1.0 grams per plant

收稿日期：2018－05－02
基金项目：中国烟草总公司云南省公司重点资助项目“基于品牌导向的烟叶定向需求技术研究与应用”（2017YN12）；昆明市科技创新型试点企业资助项目（2016-2-G-06480）．
作者简介：徐兴阳（1974—），男，云南盐津人，高级农艺师，硕士，主要从事烟草新品种、新技术及新方法研究．
*通讯作者：端永明（1963—），男，云南宜良人，高级农艺师，主要从事烟草栽培及新技术推广研究，E-mail：yongmingduan@sina.com.

was more beneficial to the growth and anti-TMV activity of flue-cured tobacco in sandy soil. The dosage of DMP 0.5 grams per plant was more beneficial to the growth of flue-cured tobacco in loamy soil. The dosage of DMP 1.5 grams per plant was more beneficial to the anti-TMV activity of flue-cured tobacco in loamy soil. Through this study we understand the interactions between the dosage of DMP, soil texture and water on the growth and anti-TMV activity of Flue-cured tobacco and the best instructions of DMP in sandy soil and loamy soil under two different watering frequency so as to provide the scientific reference for production application.

Key words: dry mycelium of *Penicillium chrysogenum*; TMV; sandy soil; loamy soil; water; interaction

青霉菌灭活菌丝体（dry mycelium of *Penicillium chrysogenum*，DMP）是一种富含多种氨基酸、多肽、多糖和少量 N，P，K 等营养元素的“实际无毒”有机制剂. 该制剂能够诱导植物产生抗病性[1]，使植物对多种病害的抵抗能力显著提高. 烤烟上施用 DMP 能够显著提高烟株抵抗烟草花叶病毒病和烟草黑胫病的能力[1-3].

土壤质地对烤烟生长和烟叶品质影响明显[4]. 壤土和砂土是昆明植烟区两种典型的土壤质地. 郝葳等[5]和黄燕翔等[6]的研究结果表明，优质烟区适宜的土壤质地为砂壤土至中壤土；谷世昌等[7]认为掺砂土壤能够提高烤烟产量和产值；端永明等[8-9]研究表明，青霉菌灭活菌丝体在不同质地大田土壤中促进烟株生长和诱导烟株抗 TMV 的效果差异明显，在大田额外浇水的情况下可提高烟株抗 TMV 的能力. 本试验将壤土和砂土两种典型质地土壤搬到大棚中开展盆栽试验研究，进一步探索 DMP 用量、土壤质地和水分对烤烟生长和抗 TMV 活性的交互作用，以期为多肽保在烟草上科学合理的施用提供参考依据.

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2017 年在云南农业职业技术学院小哨校区温室大棚进行，供试烤烟品种为红花大金元，植物诱导抗病剂青霉菌灭活菌丝体由昆明保腾生化技术有限公司提供. 砂土取自昆明市富民县大营镇茨塘村，壤土取自昆明市富民县大营镇束刻村.

1.2 试验方法

试验共设 16 个处理，砂土和壤土各 8 个处理，每个处理 3 次重复，完全随机区组排列，每个小区植烟 10 盆（株）. DMP 均为移栽时塘施，用量设 0.5，1.0，1.5 g/株这 3 个梯度和不施用（对照）. 移栽时浇透定根水，移栽后浇水频率分别为 7 d 1 次和 14 d 1 次，每次浇水 3 L，至采收结束. 试验用花盆规格为 30 cm×40 cm×35 cm（下底直径×上底直径×高），移栽前分别在砂土和壤土中均匀拌入 100 kg/m^3 腐熟农家肥，移栽后每盆环施复合肥[$m(N):m(P_2O_5):m(K_2O)=8:16:24$]50 g/株. 试验过程中未施用其他防治病害药物和制剂. 各处理具体处理方式见表 1.

表 1 试验各处理具体处理方式

处理编号	土壤质地	DMP 用量/（g·株$^{-1}$）	浇水频率
A-S-7	砂土	0.5	7 d 1 次
B-S-7	砂土	1.0	7 d 1 次
C-S-7	砂土	1.5	7 d 1 次
D-S-7	砂土	0.0	7 d 1 次
E-S-14	砂土	0.5	14 d 1 次
F-S-14	砂土	1.0	14 d 1 次
G-S-14	砂土	1.5	14 d 1 次
H-S-14	砂土	0.0	14 d 1 次
A-L-7	壤土	0.5	7 d 1 次
B-L-7	壤土	1.0	7 d 1 次
C-L-7	壤土	1.5	7 d 1 次
D-L-7	壤土	0.0	7 d 1 次
E-L-14	壤土	0.5	14 d 1 次
F-L-14	壤土	1.0	14 d 1 次
G-L-14	壤土	1.5	14 d 1 次
H-L-14	壤土	0.0	14 d 1 次

注：1）处理编号中第 2 个为字母 S 表示砂土，若第 2 个为字母 L 则表示壤土；2）处理编号中第 3 个为数字，7 表示每隔 7 d 浇水 1 次，若第 3 个为数字 14 则表示每隔 14 d 浇水 1 次. 以下同.

1.3 调查及统计方法

烟草花叶病毒病（TMV）调查按照《烟草病虫害分级及调查方法》（GB/T 23222—2008）进行；农艺性状调查按照《烟草农业性状调查测量方法》（YC/T 142—2010）进行：病害程度及相对防效统计按下述公式进行：

发病率 =（发病株数/调查总株数）×100%；

病情指数 =[∑（各级病株数×该病级值）/调查总株数×最高级值]×100；

相对防效 = [(对照区病情指数 - 防治区病情指数)/对照区病情指数] × 100%.

1.4　交互作用分析方法

交互作用分析采用 IBM SPSS Statistics 19.0 数据分析软件进行多因素方差分析. 具体操作如下：变量分别为 DMP 用量（Dosage of DMP）、土壤质地（砂土 Sandy soil 和壤土 Loamy soil）和浇水频率（Watering frequency），因变量分别为叶片数（leaves）、株高（height）、茎围（stem girth）、最大腰叶长（the maximum leaf length）、最大腰叶宽（the maximum leaf width）、最大腰叶面积（the maximum leaf area）和烟草花叶病毒病的病情指数（TMV disease index）.

数据分析步骤：首先将上述变量（按表 1 排序）和因变量（按表 2 排序）输入 SPSS 数据分析视图，选择“Analyze（分析）”→“General Linear Model（一般线性模型）”→“Multivariate（多变量）”，进入 Multivariate（多变量）对话框，将变量 DMP 用量、土壤质地和浇水频率放入 Fixed Factor（s）栏；点击“Post Hoc”按钮，进入 Post Hoc Multiple Comparisons for Observed Means 对话框，把 Factor（s）栏中的 3 个变量放入 Post Hoc Tests for 栏，在 Equal Variance（s）Assumed 栏选择 S-N-K（s）法，点击“Continue”返回主对话框；点击“Options”按钮，进入 Options 对话框，把“DMP 用量、土壤质地、浇水频率、DMP 用量 × 土壤质地、DMP 用量 × 浇水频率、土壤质地 × 浇水频率、DMP 用量 × 土壤质地 × 浇水频率”全部放入 Display Mean for 栏，点击“Continue”返回主对话框；点击“Plots”按钮，将“DMP 用量”放入 Horizontal Axis 栏，“土壤质地”放入 Separate Lines 栏，点击“Add”按钮，则在 Plots 栏中出现“DMP 用量 × 土壤质地”，以相同的方法添加“DMP 用量 × 浇水频率”“土壤质地 × 浇水频率”和“DMP 用量 × 土壤质地 × 浇水频率”，点击“Continue”返回主对话框；在主对话框点击“OK”按钮，提交运行. 得到变量“DMP 用量 × 土壤质地”“DMP 用量 × 浇水频率”“土壤质地 × 浇水频率”和“DMP 用量 × 土壤质地 × 浇水频率”交互作用下，各项农艺性状（叶片数、株高、茎围、最大腰叶长、最大腰叶宽、最大腰叶面积）和烟草花叶病毒病病情指数的估计边缘均值（Estimated Marginal Means）图. 文中图 1 ~ 图 5 为单一估计边缘均值图拼图.

2　结果与分析

2.1　农艺性状调查结果

由表 2 可见，不同处理叶片数、株高、茎围、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积差异均有统计学意义. 说明 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长的影响极显著.

表 2　农艺性状调查结果

处理编号	叶数/片	株高/cm	茎围/cm	最大腰叶长/cm	最大腰叶宽/cm	最大腰叶面积/cm^2
A-S-7	21.37 abA	156.37 abA	8.18 bcdeBC	77.43 abAB	27.81 abAB	1 400.73 abAB
B-S-7	20.57 abcAB	146.82 abcAB	8.53 bcAB	75.44 abcABC	28.56 aA	1 400.27 abAB
C-S-7	21.53 aA	159.94 aA	9.25 aA	78.68 aA	28.27 aAB	1 446.16 aA
D-S-7	19.92 abcAB	127.95 cdeABC	7.62 eCD	70.60 cdeBCDE	25.08 cdABC	1 150.95 cCDE
E-S-14	19.63 abcAB	140.58 abcABC	7.84 deBC	72.84 bcdABCD	24.61 cdBC	1 165.92 cCDE
F-S-14	19.62 abcAB	137.69 abcdABC	7.89 cdeBC	73.82 abcABC	26.27 abcABC	1 260.69 bcABC
G-S-14	20.01 abcAB	129.53 cdeABC	8.23 bcdeBC	73.12 abcdABC	24.83 cdABC	1 181.99 cCD
H-S-14	18.25 cdAB	104.60 efCD	6.88 fD	63.51 fgEFG	23.10 dC	954.15 eEF
A-L-7	18.49 bcdAB	113.29 defBCD	8.09 bcdeBC	65.26 efEFG	23.27 dC	987.50 deDEF
B-L-7	19.43 abcdAB	129.25 cdeABC	8.63 bAB	67.95 defCDEF	25.42 bcdABC	1 122.19 cdCDEF
C-L-7	19.06 abcdAB	131.66 bcdeABC	8.41 bcdBC	70.75 cdeBCDE	26.36 abcABC	1 214.49 cBC
D-L-7	16.58 dBC	107.66 efCD	7.84 deBC	62.87 fgFG	22.73 dC	930.07 eF

续表 2

处理编号	叶数/片	株高/cm	茎围/cm	最大腰叶长/cm	最大腰叶宽/cm	最大腰叶面积/cm^2
E-L-14	19.65 abcAB	105.55 efCD	7.82 deBC	64.15 fgEFG	23.64 cdC	984.38 deDEF
F-L-14	18.95 abcdAB	126.38 cdeABC	8.20 bcdeBC	63.57 fgEFG	23.88 cdC	985.59 deDEF
G-L-14	18.19 cdAB	109.22 efCD	8.10 bcdeBC	65.42 efDEFG	22.85 dC	970.42 deDEF
H-L-14	13.96 eC	90.16 fD	6.95 fD	59.00 gG	18.89 eD	722.67 fG

注：表中小写字母表示 $p<0.05$，差异有统计学意义；大写字母表示 $P<0.01$，差异有统计学意义．以下同．

2.2 烟草花叶病毒病病情

由表 3 可见，不同处理烟草花叶病毒病病情指数差异有统计学意义，说明 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株抗烟草花叶病毒病有显著影响．

表 3 烟草花叶病毒病病情调查结果

处理编号	烟草花叶病	处理编号	烟草花叶病
A-S-7	17.41 bcB	A-L-7	5.29 bcB
B-S-7	22.22 bB	B-L-7	1.11 cC
C-S-7	11.85 cB	C-L-7	2.88 cC
D-S-7	46.67 aA	D-L-7	17.78 aA
E-S-14	20.37 bcB	E-L-14	13.99 abAB
F-S-14	16.67 bcB	F-L-14	8.33 bcB
G-S-14	23.33 bcB	G-L-14	0.00 dC
H-S-14	28.15 bB	H-L-14	17.33 aA

2.3 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用

2.3.1 DMP 用量和土壤质地对烟株生长发育的交互作用

DMP 用量和土壤质地对烟株生长发育的交互作用见图 1．图 1（a）～图 1（f）这 6 个图中 4 条线在坐标上相交或不平行，说明 DMP 用量和土壤质地对烟株农艺性状的交互作用显著，即 DMP 用量和土壤质地对烟株生长发育的交互作用显著．图 1（a）～图 1（f）这 6 个图中施用 DMP 的 3 条线均在远离未施用 DMP 的线上方，说明在砂土和壤土中施用 DMP 均能显著提高烟株农艺性状．除茎围外，烟株叶片数、株高、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积在未施用 DMP 或同等 DMP 用量下均是砂土中高于壤土中的．

图 1（a）显示：壤土和砂土中不同 DMP 用量的有效叶片数差异均无统计学意义；DMP 在壤土中提高叶片数的幅度高于砂土中的．图 1（b）显示：壤土中 DMP 用量 1.0 g/株的株高最大，显著高于 DMP 用量 0.5 g/株和 1.5 g/株的；砂土中不同 DMP 用量的株高差异无统计学意义；DMP 在砂土中提高株高的幅度高于壤土中的．图 1（c）显示：壤土中 DMP 用量 1.0 g/株的茎围最大，略高于 DMP 用量 1.5 g/株的，显著高于 DMP 用量 0.5 g/株的；砂土中 DMP 用量 1.5 g/株的茎围最大，显著高于 DMP 用量为 0.5 g/株和 1.0 g/株的；DMP 在壤土和砂土中提高茎围的幅度无明显规律．图 1（d）显示：壤土中 DMP 用量为 1.5 g/株的最大腰叶长最大，显著高于 DMP 用量 0.5 g/株和 1.0 g/株的；砂土中不同 DMP 用量的最大腰叶长差异无统计学意义；DMP 在砂土中提高最大腰叶长的幅度高于壤土中的．图 1（e）显示：壤土中 DMP 用量为 1.0 g/株和 1.5 g/株的最大腰叶宽显著高于 DMP 用量 0.5 g/株的；砂土中 DMP 用量为 1.0 g/株的最大腰叶宽显著高于 DMP 用量 0.5 g/株和 1.5 g/株的；DMP 在砂土中提高最大腰叶宽的幅度与壤土中差异无统计学意义．图 1（f）显示：壤土中 DMP 用量为 1.0 g/株和 1.5 g/株的最大腰叶面积显著高于 DMP 用量 0.5 g/株的；砂土中不同 DMP 用量的最大腰叶面积差异无统计学意义；DMP 在砂土中提高最大腰叶面积的作用整体高于壤土中的．

2.3.2 土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用

土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用见图 2．图 2（a）～图 2（f）这 6 个图中两条线在坐标上未相交或近似平行，说明土壤质地和水分对烟株农艺性状的交互作用不显著，即土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用不显著．图 2（a）～图 2（f）这 6 个图中，7 d 浇水 1 次的线均在远离 14 d 浇水 1 次的线上方，即 7 d 浇水 1 次的烟株叶片数、株高、茎围、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积均显著高于 14 d 浇水 1 次的，说明在砂土和壤

土中 7 d 浇水 1 次均比 14 d 浇水 1 次更有利于烟株生长发育．除茎围外，砂土中 7 d 浇水 1 次和 14 d 浇水 1 次的叶片数、株高、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积均高于壤土中同样浇水频率的；砂土中 7 d 浇水 1 次相对于 14 d 浇水 1 次对烟株农艺性状的提高幅度均略高于壤土中的．

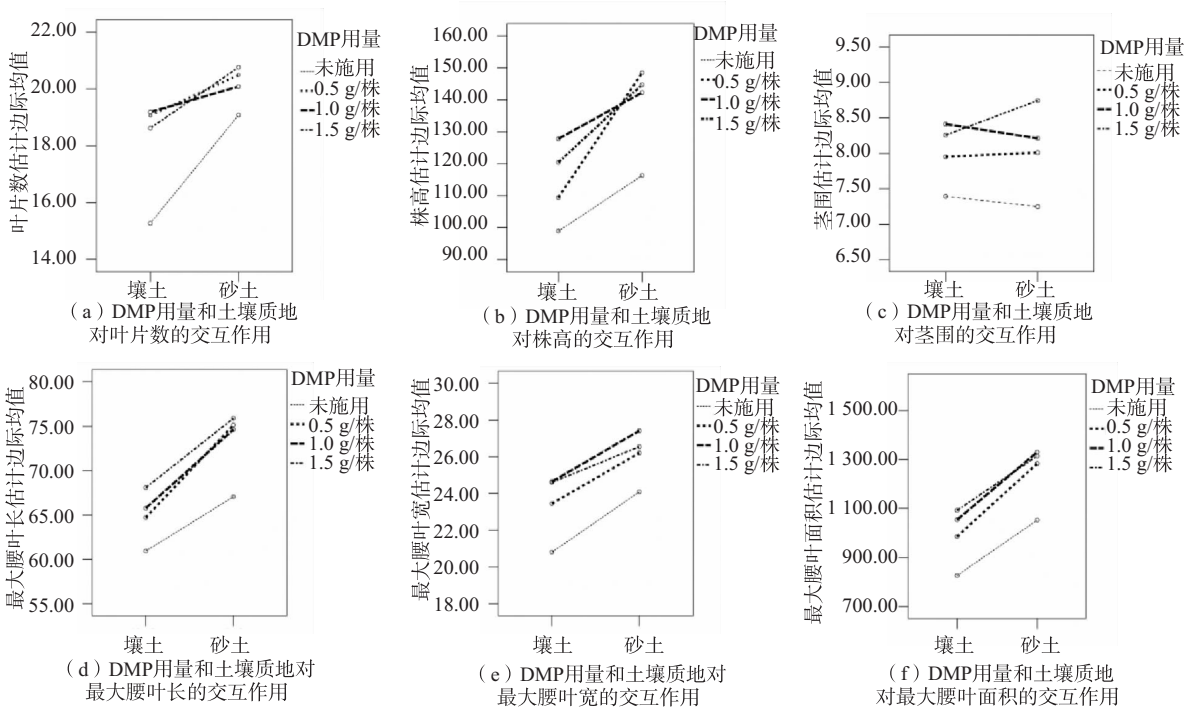
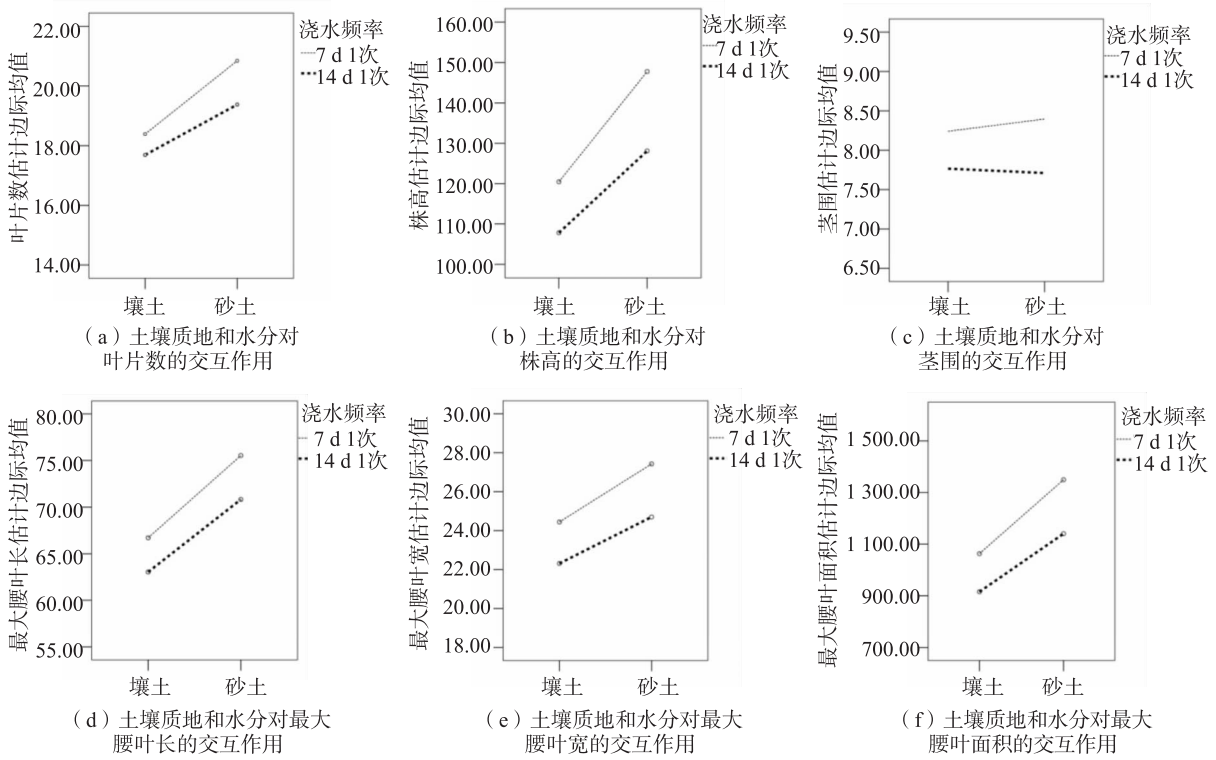


图1　DMP用量和土壤质地对烟株生长发育的交互作用

2.3.3　DMP 用量和水分对烟株生长发育的交互作用

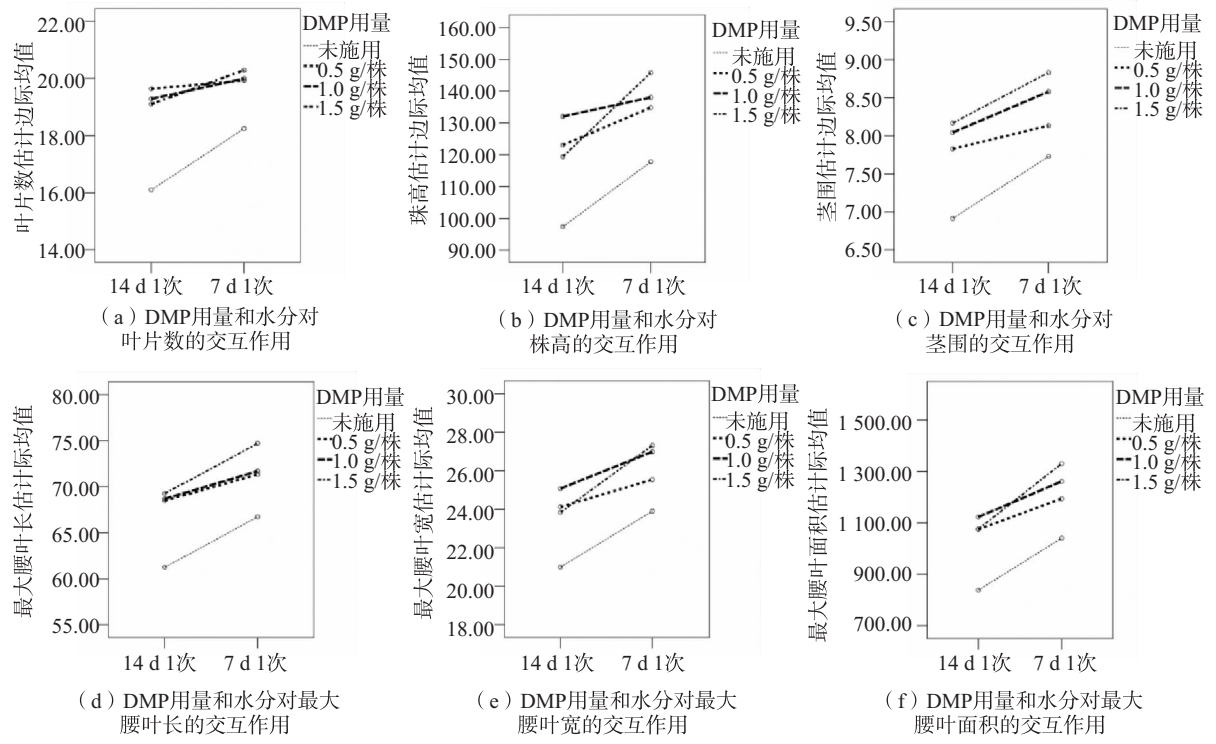
DMP 用量和水分对烟株生长发育的交互作用见图 3．图 3（a）～图 3（f）这 6 个图中施用 DMP 的 3 条线在坐标上相交或不平行，说明 DMP 用量和水分对烟株农艺性状的交互作用显著．图 3（a）～图 3（f）这 6 个图中，施用 DMP 的 3 条线均在远离未施用 DMP 的线上方，说明无论是 7 d 浇水 1 次还是 14 d 浇水 1 次，施用 DMP 均能显著提高烟株农艺性状．

图 3（a）显示：DMP 在 14 d 浇水 1 次的情况下，提高有效叶片数的幅度整体高于 7 d 浇水 1 次的；不同用量的 DMP 在浇水频率相同的情况下有效叶片数差异无统计学意义．图 3（b）显示：DMP 用量为 0.5 g/株和 1.0 g/株时，14 d 浇水 1 次对株高的提高作用高于 7 d 浇水 1 次；DMP 用量为 1.5 g/株时，7 d 浇水 1 次对株高的提高作用高于 14 d 浇水 1 次的；在 7 d 浇水 1 次的情况下，1.5 g/株的 DMP 对株高的提高作用最大，显著高于 0.5 g/株和 1.0 g/株的；在 14 d 浇水 1 次的情况下，1.0 g/株的 DMP 对株高的提高作用最大，显著高于 0.5g/株和 1.5 g/株的．图 3（c）显示：DMP 用量为 0.5 g/株时，14 d 浇水 1 次对茎围的提高作用高于 7 d 浇水 1 次的；DMP 用量为 1.0 g/株和 1.5 g/株 7 d 浇水 1 次对茎围的提高作用和14 d浇水 1 次差异无统计学意义；不论是 7 d 浇水 1 次，还是 14 d 浇水 1 次，DMP 对茎围的提高作用均随着用量的提高而提高．图 3（d）显示：DMP 用量为 0.5 g/株和 1.0 g/株时，14 d 浇水 1 次对最大腰叶长的提高作用高于 7 d 浇水 1 次的；DMP 用量为 1.5 g/株时，7 d 浇水 1 次和 14 d 浇水 1 次对最大腰叶长的提高作用差异无统计学意义；在 7 d 浇水 1 次的情况下，1.5 g/株的 DMP 对最大腰叶长的提高作用最大，显著高于 0.5 g/株和 1.0 g/株的；在 14 d 浇水 1 次的情况下，不同用量 DMP 对最大腰叶长的提高作用差异无统计学意义．图 3（e）显示：DMP 用量为 0.5 g/株和1.0 g/株时，14 d 浇水 1 次对最大腰叶宽的提高作用高于 7 d浇水 1 次的；DMP 用量为 1.5 g/株时，7 d 浇水 1 次对最大腰叶宽的提高作用略高于 14 d 浇水 1 次的，但差异无统计学意义；在 7 d 浇水 1 次的情况下，DMP 用量 1.0 g/株和 1.5 g/株对最大腰叶宽



（a）土壤质地和水分对叶片数的交互作用
（b）土壤质地和水分对株高的交互作用
（c）土壤质地和水分对茎围的交互作用
（d）土壤质地和水分对最大腰叶长的交互作用
（e）土壤质地和水分对最大腰叶宽的交互作用
（f）土壤质地和水分对最大腰叶面积的交互作用

图2 土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用



（a）DMP用量和水分对叶片数的交互作用
（b）DMP用量和水分对株高的交互作用
（c）DMP用量和水分对茎围的交互作用
（d）DMP用量和水分对最大腰叶长的交互作用
（e）DMP用量和水分对最大腰叶宽的交互作用
（f）DMP用量和水分对最大腰叶面积的交互作用

图3 DMP用量和水分对烟株生长发育的交互作用

的提高作用显著高于 0.5 g/株的；在 14 d 浇水 1 次的情况下，DMP 用量 1.0 g/株对最大腰叶宽的提高作用最大，显著高于 0.5 g/株和1.5 g/株的. 图 3（f）显示：DMP 用量为0.5 g/株和1.0 g/株时，14 d 浇水 1 次对最大腰叶面积的提高作用高于 7 d 浇水 1 次的；DMP 用量为1.5 g/株时，7 d 浇水 1 次对最大腰叶面积的提高作用略高于 14 d 浇水 1 次的，但差异无统计学意义；在 7 d 浇水 1 次的

情况下，DMP 对最大腰叶面积的提高作用随着用量增加而提高；在 14 d 浇水 1 次的情况下，DMP 用量 1.0 g/株对最大腰叶面积的提高作用最大，略高于 0.5 g/株和 1.5 g/株的.

2.3.4　DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用

DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用见图 4. 图 4（a）～图 4（f）这 6 个图中 8 条线在坐标上相交或不平行，说明 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株农艺性状的交互作用显著. 浇水频率相同时，砂土和壤土中，除茎围外，施用 DMP 的 3 个处理叶片数、株高、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积均显著高于未施用 DMP 处理的；浇水频率相同时，未施用 DMP 或 DMP 用量相同，除茎围外，砂土中的叶片数、株高、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积均高于壤土中的；砂土和壤土中，除 DMP 用量为0.5 g/株的叶片数和最大腰叶宽外，未施用 DMP 或 DMP 用量相同，7 d 浇水 1 次 1 次的叶片数、株高、茎围、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积均高于 14 d 浇水 1 次的.

图 4（a）显示：壤土中 14 d 浇水 1 次，DMP 用量为 0.5 g/株的处理叶片数最多；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理叶片数最多；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，土壤质地相同时，除壤土中 DMP 用量为 0.5 g/株的处理外，7 d 浇水 1 次的处理叶片数均比 14 d 浇水 1 次的处理多；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，浇水频率相同时，除 DMP 用量为0.5 g/株，14 d 浇水 1 次的 2 个处理外，砂土中叶片数均比壤土中多. 图 4（b）显示：壤土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理株高最高；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理株高最高；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，土壤质地相同时，7 d 浇水 1 次的处理株高均比 14 d 浇水 1 次的处理高；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，浇水频率相同时，砂土中株高均比壤土中高. 图 4（c）显示：壤土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.0 g/株的处理茎围最大，其次是 DMP 用量为 1.5 g/株的处理；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理茎围最大；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，土壤质地相同时，7 d 浇水 1 次的处理茎围均比 14 d 浇水 1 次的处理大. 图 4（d）显示：壤土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理最大腰叶长最大；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理最大腰叶长最大；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，土壤质地相同时，7 d 浇水 1 次的处理最大腰叶长均比 14 d 浇水 1 次的处理高；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，浇水频率相同时，砂土中最大腰叶长均比壤土中高. 图 4（e）显示：壤土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理最大腰叶宽最大；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.0 g/株的处理最大腰叶宽最大，其次是 DMP 用量为 1.5 g/株的处理；除 DMP 用量为 0.5 g/株的 2 个处理外，在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，土壤质地相同时，7 d 浇水 1 次的处理最大腰叶宽均比 14 d 浇水 1 次的处理大；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，浇水频率相同时，砂土中最大腰叶宽均比壤土中大. 图 4（f）显示：壤土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理最大腰叶面积最大；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量 1.5 g/株的处理最大腰叶面积最大；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，土壤质地相同时，7 d 浇水 1 次的处理最大腰叶面积均比 14 d 浇水 1 次的处理大；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，浇水频率相同时，砂土中最大腰叶面积均比壤土中大.

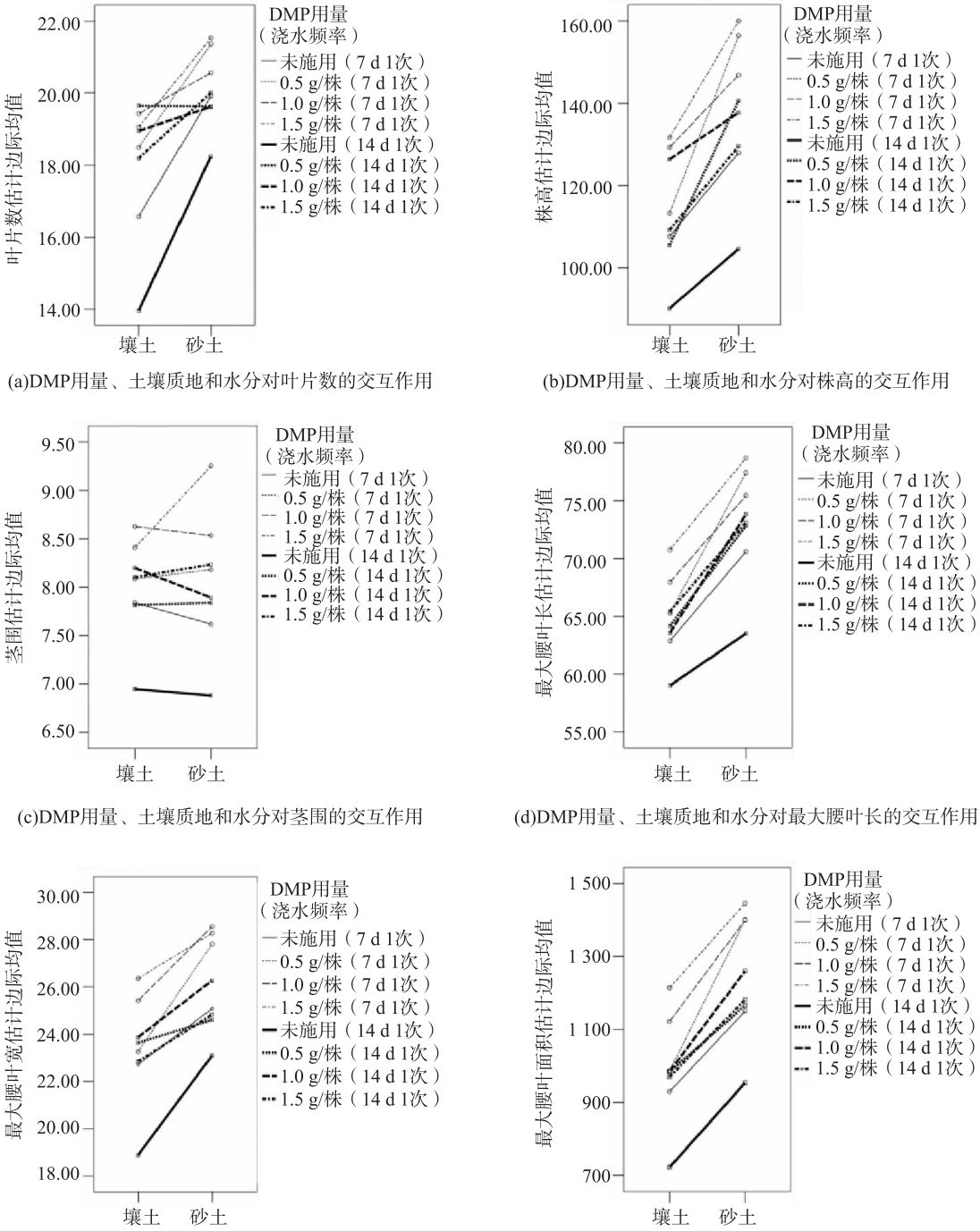
2.4　DMP 用量、土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用

2.4.1　DMP 用量和土壤质地对烟株抗 TMV 活性的交互作用

由图 5（a）可看出，施用 DMP 的 3 条线条在坐标上相交或不平行，说明 DMP 用量和土壤质地对烟株抗 TMV 活性的交互作用显著. 图 5（a）显示：壤土和砂土中施用 DMP 均能够显著降低烟草花叶病毒病的病情指数. 壤土中烟草花叶病毒病的病情指数随着 DMP 施用量的增加而显著下降；砂土中，不同 DMP 施用量的烟草花叶病毒病的病情指数差异不大. 在未施用 DMP 或 DMP 用量相同时，壤土中烟草花叶病毒病的病情指数均低于砂土中相应处理；砂土中施用 DMP 降低烟草花叶病毒病的病情指数的幅度整体大于壤土中的.

2.4.2　土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用

图 5（b）显示，两条线在坐标上相交，说明土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用显



(a)DMP用量、土壤质地和水分对叶片数的交互作用

(b)DMP用量、土壤质地和水分对株高的交互作用

(c)DMP用量、土壤质地和水分对茎围的交互作用

(d)DMP用量、土壤质地和水分对最大腰叶长的交互作用

(e)DMP用量、土壤质地和水分对最大腰叶宽的交互作用

(f)DMP用量、土壤质地和水分对最大腰叶面积的交互作用

图4 DMP用量、土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用

著. 砂土中 7 d 浇水 1 次的处理烟草花叶病毒病的病情指数高于 14 d 浇水 1 次的，壤土中 14 d 浇水 1 次的处理烟草花叶病毒病的病情指数高于 7 d 浇水 1 次的；7 d 浇水 1 次和 14 d 浇水 1 次，砂土中烟草花叶病毒病的病情指数均高于壤土中的.

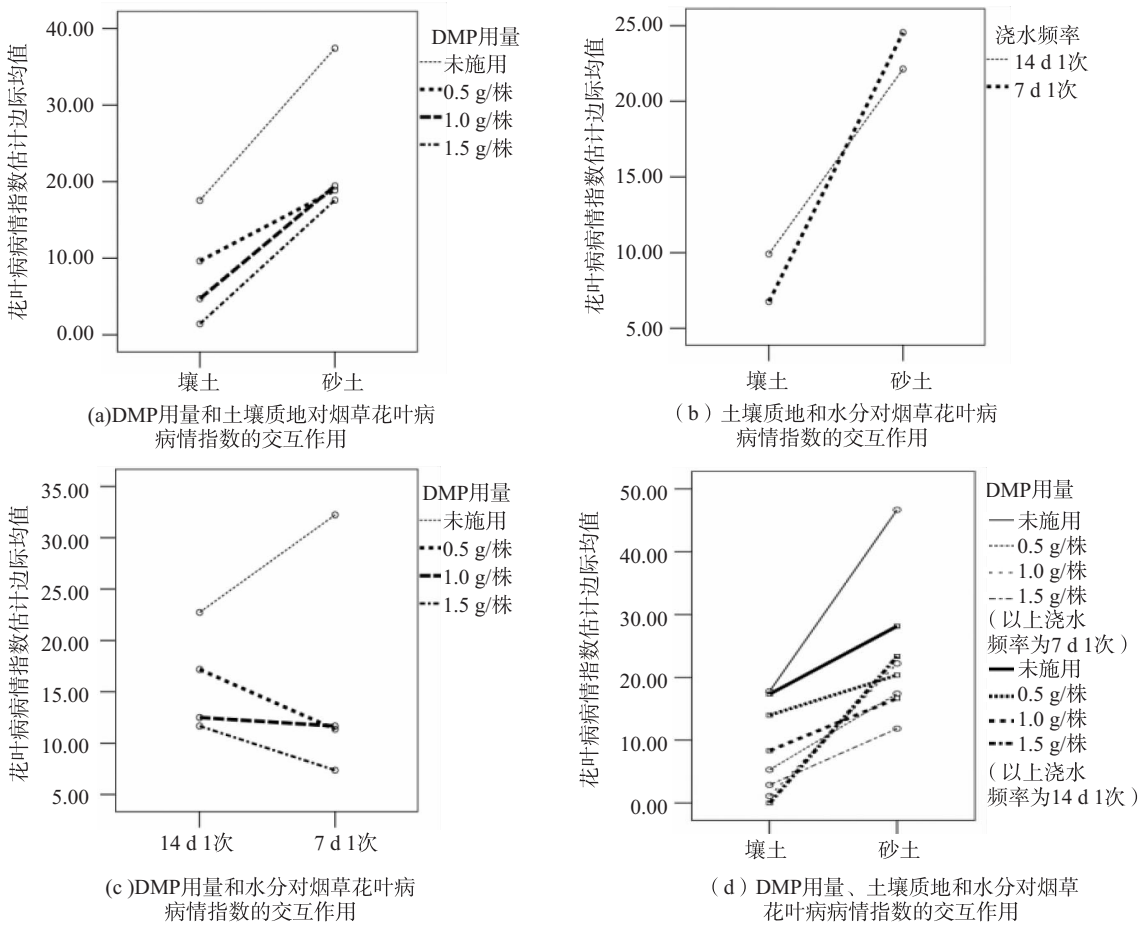
2.4.3 DMP 用量和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用

由图5（c）显示，施用 DMP 的 3 条线在坐标上相交或不平行，说明 DMP 用量和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用显著 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理烟草花叶病毒病的病情指数最低，显著低于 DMP 用量为 0.5 g/株和 1.0 g/株的 2 个处理；14 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.0 g/株和 1.5 g/株的 2 个处理烟草花叶病毒病的病情指数显著低于 DMP 用量为 0.5 g/株的处理；施用 DMP 的 3 个处理，7 d 浇水 1 次对 TMV 病情指数的降低幅

度均高于 14 d 浇水 1 次的.

2.4.4　DMP 用量、土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用

由图 5（d）显示，8 条线在坐标上相交或不平行，说明 DMP 用量、土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用显著. 壤土中 14 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理 TMV 病情指数最低；砂土中 7 d 浇水 1 次，DMP 用量为 1.5 g/株的处理 TMV 病情指数最低；在壤土中，未施用 DMP 的情况下，7 d 浇水 1 次和 14 d 浇水 1 次的两个处理 TMV 病情指数差异无统计学意义；在壤土中，DMP 用量相同的情况下，除 DMP 用量为 1.5 g/株的处理外，7 d 浇水 1 次的处理 TMV 病情指数均低于 14 d 浇水 1 次的处理；在砂土中，未施用 DMP 或 DMP 用量为 1.0 g/株的两个处理，14 d 浇水 1 次的 TMV 病情指数低于 7 d 浇水 1 次的；在砂土中，DMP 用量为 0.5 g/株和 1.5 g/株的两个处理7 d浇水 1 次的 TMV 病情指数低于14 d浇水 1 次的；在未施用 DMP 或 DMP 用量相同，浇水频率相同时，壤土中 TMV 病情指数均比砂土中的低.



(a)DMP用量和土壤质地对烟草花叶病病情指数的交互作用

（b）土壤质地和水分对烟草花叶病病情指数的交互作用

(c)DMP用量和水分对烟草花叶病病情指数的交互作用

（d）DMP用量、土壤质地和水分对烟草花叶病病情指数的交互作用

图5　DMP用量、土壤质地和水分对烟株抗TMV活性的交互作用

3　小结与讨论

本试验研究结果表明，DMP 能促进烟株生长发育，可诱导烟株抗 TMV 能力提高，这与前人[1,8-10]的田间应用研究结果一致. 此外，关于 DMP 用量、土壤质地和水分对烤烟生长和抗 TMV 活性的交互作用分析如下.

3.1　DMP 用量、土壤质地和水分的交互作用分析

一方面，DMP 用量、土壤质地和水分三者之间，DMP 用量和土壤质地之间，以及 DMP 用量和水分之间，它们对烟株生长发育的交互作用是显著的，但是土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用不显著. 另一方面，DMP 用量、土壤质地和水分三者之间，DMP 用量和土壤质地之间，DMP 用

量和水分之间，以及土壤质地和水分之间，它们对烟株抗 TMV 活性的交互作用均表现为显者.

DMP 用量、土壤质地和水分对烟株生长发育的交互作用：砂土中 7 d 浇水 1 次的情况下，除最大腰叶长外，其余 5 项农艺性状均是 DMP 用量最大（1.5 g/株）的最高；在砂土中 14 d 浇水 1 次的情况下，株高随 DMP 用量增加而降低，叶片数和茎围随 DMP 用量增加而提高，最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积随 DMP 用量增加先提高后降低；壤土中 7 d 浇水 1 次的情况下，叶片数和茎围随 DMP 用量增加先提高后降低，株高、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积随 DMP 用量增加而提高；壤土中 14 d 浇水 1 次的情况下，叶片数随 DMP 用量增加而降低，株高、茎围、最大腰叶宽和最大腰叶面积随 DMP 用量增加先提高后降低，最大腰叶长则是 DMP 用量最大的最高. 综合以上分析，在水分充足时，砂土和壤土中均是 DMP 用量越大越有利于烟株生长发育；在水分不充足时，砂土和壤土中各项农艺性状与 DMP 用量的关系复杂，砂土中施用 DMP 以 1.0 g/株较有利于烟株生长发育，壤土中施用 DMP 以 0.5 g/株较有利于烟株生长发育.

DMP 用量、土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用：砂土中 7 d 浇水 1 次的情况下，高剂量 DMP 提高烟株抗 TMV 活性的能力在施用 DMP 的 3 个处理中最高；砂土中 14 d 浇水 1 次的情况下，高剂量 DMP 提高烟株抗 TMV 活性的能力在施用 DMP 的 3 个处理中最低；壤土中 7 d 浇水 1 次的情况下，DMP 提高烟株抗 TMV 活性的能力随着 DMP 用量增加先提高后降低，不同用量 DMP 提高烟株抗 TMV 活性的能力差异无统计学意义；壤土中 14 d 浇水 1 次的情况下，DMP 提高烟株抗 TMV 活性的能力随着用量的增加而提高.

3.2 DMP 用量和土壤质地的交互作用分析

不同用量的 DMP 促进烟株生长发育的作用在壤土和砂土中并不一致，即 DMP 促进烟株生长发育的作用受土壤质地影响显著. 在壤土中，不同用量的 DMP 对烟株生长发育的促进作用差异较大，叶片数、株高和茎围随着 DMP 用量增加先升高后降低，最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积随着 DMP 用量的增加而提高. 在砂土中，不同用量的 DMP 对烟株生长发育的促进作用差异较小，除茎围外，不同用量的 DMP 对叶片数、株高、最大腰叶长、最大腰叶宽和最大腰叶面积的提高作用差异均无统计学意义.

壤土中烟株抗 TMV 能力随着 DMP 用量的增加而显著提高，砂土中烟株抗 TMV 能力在不同 DMP 施用量下差异无统计学意义.

3.3 土壤质地和水分的交互作用分析

土壤质地对烟株株高、叶数、叶片长宽、最大叶面积等农艺性状有较大影响，均表现为砂土优于壤土，这与贾立华等[11]、刘洪[12]和李红莉[13]的研究结果基本一致. 砂土和壤土中各项农艺性状均为浇水频率高（7 d 1 次）的高于浇水频率低（14 d 1 次）的处理. 土壤质地和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用：壤土中浇水频率高的病情较低，浇水能够提高烟株抗 TMV 活性；砂土中浇水频率高的病情较高，浇水反而可能促进 TMV 的侵染.

3.4 DMP 用量和水分的交互作用分析

浇水频率低时，茎围随着 DMP 用量增加而提高，不同用量的 DMP 对最大腰叶长的提高作用差异无统计学意义，DMP 对株高、最大腰叶宽和最大腰叶面积的提高作用均是中等用量（1.0 g/株）的最高，用量最大的反而最低，对叶片数的提高作用随着 DMP 用量增加而降低. 浇水频率高时，DMP 对各项农艺性状的提高作用均随着用量的增加而提高，可见充足的水分是 DMP 作用完全发挥的必要条件. DMP 用量和水分对烟株抗 TMV 活性的交互作用：浇水频率高时中低剂量的 DMP 对烟株抗 TMV 活性的提高作用差异无统计学意义；浇水频率低时中高剂量的 DMP 对烟株抗 TMV 活性的提高作用差异无统计学意义. 总体而言，不论浇水频率高低，在试验剂量范围内均是高剂量的 DMP 最有利于提高烟株的抗 TMV 活性.

[参考文献]

[1] ZHONG Yu, PENG Jiejun, XIE Hong, et al. Dry mycelium of Penicillium chrysogenum activates defense responses and restricts the spread of Tobacco Mosaic Virus in tobacco [J]. Physiological and Molecular Plant Pathology, 2015, 92: 28 – 37.

（下转第 15 页）

TMV 和角斑病 2 种病害少量发生. 其原烟化学成分主要特征表现为总糖、还原糖质量分数及多酚含量较低，醚提物质量分数较高，其中总糖为 25.7%，还原糖为 19.6%，多酚为 25.90 mg/g，醚提物为 7.98%.

4）NC-YATAS8 主要特征特性：大田生育期 125 d，移栽至现蕾期 50 d，移栽至中心花开放期 55 d，封顶株高 91.0 cm，单株有效叶数 19.1 片，茎围 11.7 cm，节距 4.8 cm，腰叶长宽为 77.9 cm × 35.8 cm. 单位产量为 3 281 kg/hm^2，产值为 107 814.1 元/hm^2，上等烟比例 32.9%. 田间仅有角斑病少量发生. 其原烟化学成分主要特征表现为氧化钾、氯离子质量分数较高，多酚含量较低，其中氧化钾为 3.19%，氯离子为 0.30%，多酚 22.80 mg/g.

3.2　讨论

宜良竹山基地单元属于名优卷烟“云烟”品牌烟叶原料的典型产区，该品牌对烟叶原料的主要特征化学成分要求为：总糖质量分数 21% ~34%，总氮质量分数 1.5% ~2.8%，烟碱质量分数2.0% ~3.8%，氧化钾质量分数大于 1.5%，氯离子质量分数 0.1% ~ 0.6%，多酚含量大于 25 mg/g. 4 个参试新品种（系）中，从烟叶特征化学成分看，以 NC-YATAS6 和云烟 207 较好；从经济性状看，以云烟 116，NC-YATAS6 和 NC-YATAS8 较好；从田间抗病性看，以 NC-YATAS8 和云烟 207 较好. 因此，从“云烟”品牌卷烟对烟叶原料特征化学成分要求的导向判断，NC-YATAS6 和云烟 207 当属首选后备烤烟品种，可进一步开展卷烟配方的符合性研究

［参考文献］

［1］武玉军. 打造有特色的烟叶品牌：聚焦“丽江金沙江区域特色优质烟叶品牌”论坛［J］. 中国烟草，2009（17）：42 –43.

［2］鞠训科. 云南聚焦烟叶供给侧改革推进津巴布韦风格烟叶开发［N］. 东方烟草报，2016 –05 –12（2）.

［3］高家合，杨宇虹. 不同生态环境对烤烟内在质量的影响［J］. 中国农学通报，2006，22（5）：168 –170.

［4］徐照丽. 云南生态环境与云南烤烟香气品质关系的探讨［J］. 中国农学通报，2008，24（8）：196 –200.

［5］刘俊. 基于品种及生态多样性的红云红河集团特色优质烟叶生产技术研究［D］. 长沙：湖南农业大学，2012.

［6］徐兴阳，杨焕文，罗华元，等. 云南高原引种津巴布韦烤烟资源的评价［J］. 昆明学院学报，2009，31（6）：38 –40，45.

［7］林昆，杨焕文，马林，等. 昆明烟区特色优质烟叶定位及开发的研究初报［J］. 昆明学院学报，2009，31（6）：23 –27.

［8］王绍坤，罗华元，董石飞，等. 红云红河集团对红花大金元品种烟叶质量特色的研究与应用［C］//云南省烟草学会经济专业委员会. 云南省烟草学会经济专业委员会学术年会论文集，2011：35 –39.

（上接第 10 页）

［2］端永明，张廷金，刘文辉，等. 根际环境对“多肽保”在烟草上的应用效果研究［J］. 昆明学院学报，2016，38（3）：17 –21.

［3］浦勇，蔺忠龙，杨嘉，等. 青霉菌灭活菌丝体诱导烟草对黑胫病的抗性研究［J］. 中国植保导刊，2011，31（3）：12 –17.

［4］高传奇. 土壤质地对烤烟生长和品质的影响［D］. 郑州：河南农业大学，2013.

［5］郝葳，田孝华. 优质烟区土壤物理性状分析与研究［J］. 烟草科技，1996（5）：34 –35.

［6］黄燕翔，刘淑欣，熊德中，等. 福建烟区土壤条件与烤烟品质的关系［J］. 福建农业大学学报，1995，24（2）：201 –204.

［7］谷世昌，李向阳，邓建华，等. 土壤质地、施氮量和施肥方式对烤烟生长的影响［J］. 西南农业学报，2011，24（6）：2274 –2278.

［8］端永明，张廷金，徐兴阳，等. 土壤质地对青霉菌灭活菌丝体制剂诱导烤烟抗逆能力的影响［J］. 西南农业学报，2014，27（6）：2449 –2454.

［9］端永明，张廷金，徐兴阳，等. 水分对青霉菌灭活菌丝体制剂诱导抗病效果的影响［J］. 昆明学院学报，2014，36（3）：24 –26.

［10］杨新成，端永明，王晓霞，等. 青霉菌灭活菌丝体对烤烟漂浮育苗生长和抵抗烟草花叶病的影响［J］. 云南农业大学学报，2013，28（2）：169 –174.

［11］贾立华，赵长星，王月福，等. 不同质地土壤对花生根系生长、分布和产量的影响［J］. 植物生态学报，2013，37（7）：684 –690.

［12］刘洪. 不同质地土壤玄参生长发育及质量研究［D］. 重庆：西南大学，2009.

［13］李红莉. 土壤质地对青蒿生长发育、生理特性及产量品质的影响［D］. 武汉：华中农业大学，2011.