

# 滇池周边不同玫瑰品种农业面源污染防控氮素管理研究

付利波<sup>1</sup> 苏帆<sup>1</sup> 陈华<sup>1</sup> 尹梅<sup>1</sup> 洪丽芳<sup>1\*</sup> 赵光顺<sup>2</sup> 王家德<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 云南省农业科学院农业环境资源研究所, 昆明, 650023

<sup>2</sup> 昆明市晋宁县蔬菜花卉办公室, 昆明, 650600

**摘要:** 以滇池周边主要农业生产区晋宁县3个玫瑰主栽品种为研究对象, 在有5年玫瑰栽培历史连续高强度施肥的土壤上, 以减少氮素流失为目标, 研究养分精准管理对产量、经济效益、植株、土壤和地下水氮含量变化规律的影响, 提出N素高效利用的污染防控型玫瑰品种和最佳养分用量。通过试验初步得出结论: 从产量、经济效益、植株带走的氮、土壤氮盈亏、地下水氮污染风险等方面综合考虑, 该试验条件下推荐氮高效、环境友好型玫瑰品种为超级, 推荐施肥处理为农民习惯施肥减氮25% (施氮量为18.8公斤/亩)。玫瑰植株茎叶、根、花吸收氮量占整株比例: 超级为48.6%、42.3%和9.1%, 艳粉是29.8%、45.3%和24.9%, 黑玫49%、40.4%和10.6%。土壤水解氮含量, 上层>中层>下层; 土壤全氮含量, 下层>中层>上层; 20厘米厚土层土壤含氮总量在422-449公斤/亩之间, 其中下层>中层>上层; 与试验处理前土壤相比, 0-60厘米土层土壤含氮总量, 超级、艳粉、黑玫三个品种不施氮处理都出现亏缺 (分别减少4.8公斤/亩、4.2公斤/亩和3.4公斤/亩), 其他处理都有盈余, 盈余在6.8-11.5公斤/亩之间。地下水氮含量随施肥量增加而呈递增趋势, 黑玫地下水氮含量远远高于超级和艳粉, 最高达到364.7毫克/升; 三个品种比较: 黑玫>艳粉>超级。

**关键词:** 玫瑰 氮 产量 植株 土壤 地下水

滇池素有高原明珠之称, 其周边地区气候宜人、水利资源丰富, 是云南省居民最密集、人为活动最频繁、经济最发达、种植水平最高的地区, 近年随着农业产业结构的调整, 玫瑰集约化生产面积不断扩大, 滇池流域地区逐步形成了滇中温带鲜切花主要生产区。随着玫瑰种植面积的不扩大, 花农种植水平参差不齐, 玫瑰施肥不合理现象突出, 造成氮肥流失严重, 大量的氮素随着农田径流流入滇池, 成为滇池水体富营养化的重要原因<sup>[1,2]</sup>。针对这一现象, 本试验以滇池周边主要农业生产区晋宁县3个玫瑰主栽品种为对象, 以氮减施为目标, 在不影响花农经济收入的情况下, 研究不同养分管理对植株、土壤和地下水氮含量变化规律, 提出氮养分高效利用的、土地可持续经营的污染防控型氮素养分最佳用量。

## 1 试验设计与材料

### 1.1 试验材料

试验于2008年8月在云南昆明市晋宁县昆阳镇凤踪村已种植5年的玫瑰花大棚中进行。试验选三个玫瑰主栽品种超级、艳粉和黑玫, 三个品种试验布置在同一连体大棚中。

国际植物营养研究所 IPNI 项目资助。

\* 通讯作者: E-mail: gredbean@163.com

作者简介: 付利波(1971.10), 女, 云南宣威人, 农学学士, 副研究员, 研究方向: 土壤肥料与农业环境资源研究。E-mail: fulibo001@yahoo.con.cn, Tel: 13888289163

供试土壤为水稻土,为当地中高肥力田块。试验前分别取0~20厘米、20~40厘米、40~60厘米土层基础土样分别测定土壤碱解N(碱解扩散法)、全N(半微量凯氏法)、有效P(0.5mol/L NaHCO<sub>3</sub>浸提·钼锑抗比色法)、全P(碱熔·钼锑抗比色法)、速效K(乙酸铵溶液浸提·火焰光度计法)、全K(碱熔·火焰光度计法)、pH(玻璃电位法)和有机质(重铬酸钾容量法)<sup>[3-4]</sup>。结果见表1。

试验用氮肥为尿素(含N 46%),磷肥为普通过磷酸钙(含P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16%),钾肥为氯化钾(含K<sub>2</sub>O 60%)。分别于平茬(8月16日)后7天、30天和初花期施入。

表1 供试土壤农化性状

品种	土层	N(克/公斤)		P(克/公斤)		K(克/公斤)		pH	OM (%)
		碱解N	全N	速效P	全P	速效K	全K		
超级	0-20 厘米	0.25	2.046	0.151	1.95	0.276	15.709	5.96	3.08
	20-40 厘米	0.307	2.085	0.134	2.01	0.285	15.726	6.05	3.25
	40-60 厘米	0.311	2.091	0.096	1.63	0.239	16.035	6.53	2.87
艳粉	0-20 厘米	0.337	2.086	0.046	1.92	0.328	11.957	6.87	3.12
	20-40 厘米	0.327	2.093	0.09	1.89	0.31	15.767	6.87	2.68
	40-60 厘米	0.248	2.102	0.037	1.61	0.201	16.659	6.87	1.94
黑玫	0-20 厘米	0.312	2.079	0.216	2.06	0.337	16.318	4	3.25
	20-40 厘米	0.376	2.089	0.208	2.16	0.673	17.726	4.77	3.29
	40-60 厘米	0.354	2.097	0.269	1.62	0.569	17.21	5.7	3.07

## 1.2 试验设计

三个品种试验均设4个处理N0、N1、N2、N3,4次重复,每个小区面积8.4平方米,随机区组排列。其中N3为农民习惯施氮量处理,N0为不施氮处理,N1为减氮50%处理,N2为减氮25%处理,试验目的在于评价减少氮施用量对玫瑰产量和环境的影响;所有处理磷、钾肥用量相同(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 11.3公斤/亩,K<sub>2</sub>O 21公斤/亩),所有肥料分三次(每次按1/3量)施入,具体各处理肥料用量见表2,其它田间管理按常规栽培技术要求进行。

表2 试验处理及施氮量(公斤/亩)

处理	总施N量	第一次施N量	第二次施N量	第三次施N量
N0	0	0	0	0
N1	12.5	4.2	4.2	4.2
N2	18.8	6.3	6.3	6.3
N3	25.0	8.3	8.3	8.3

备注: N0: 不施肥、N1: N3减N50%、N2: N3减N25%、N3: 农民习惯施肥

## 1.3 样品采集及分析

1.3.1 植株样品采集与测定: 根据玫瑰生长规律,每次施肥前各小区取植株2株,每处理共取8株烘干、

粉碎过筛，分别测鲜重和烘干重，并测定植株全氮（硫酸-过氧化氢消煮法—蒸馏法）<sup>[5]</sup>

1.3.2 土样采集与测定：土样采集分别在每次施肥前和收获后，分三层（0~20厘米，20~40厘米，40~60厘米）取土样，每小区取3个样点，取样点在畦上两株之间。将取自同一土层的土样于田间混合均匀后自然风干，磨碎后过60、80目筛，分别测定土壤水解性氮（碱解扩散法）、全N（半微量凯氏法）<sup>[3-5]</sup>。

1.3.3 地下水样的采集与测定：每次施肥前每处理挖深80厘米剖面一个，待剖面坑里水汇集至刚澄清，取水样600毫升，测定地下水总氮（过硫酸钾氧化—紫外分光光度法）<sup>[6]</sup>。

## 2 结果分析

### 2.1 不同施氮量对不同玫瑰品种产量和经济效益的影响

#### 2.1.1 不同施氮量对玫瑰不同品种产量的影响

玫瑰采收季节，按花农采收标准对小区试验玫瑰实时采摘并计产得出小区花枝产量，折算出各处理玫瑰产量(表3)。结果可以看出，在磷、钾用量相同的基础上，超级减氮25%处理的产量最高，比农民习惯处理增产35.5%，差异极显著，减氮50%处理比农民习惯施肥出现小幅增产，增0.42%，不施肥处理最低，比农民习惯处理减产1.82%；艳粉减氮50%处理的产量最高，比农民习惯处理增产18.4%，差异达显著水平，不施氮处理次之，比农民习惯处理增产11.7%，减氮25%处理比农民习惯处理小幅增产，增2.5%，农民习惯处理最低；黑玫减氮25%处理的产量最高，比农民习惯处理略有增产，增1.72%，增产不显著，农民习惯处理次之，减氮50%处理第三，比农民习惯处理减产6.91%，不施氮肥处理最低，比农民习惯处理减产20.54%。三个品种比较，相同处理条件下超级产量>艳粉>黑玫。

以上数据说明在已种植玫瑰5年、连续高强度施肥的土壤上，超级、黑玫品种减氮25%的产量最高，艳粉减氮50%处理产量最高。

表3 不同养分管理对不同品种玫瑰产量的影响

处理	超级		艳粉		黑玫	
	均值(枝/亩)	标准差	均值(枝/亩)	标准差	均值(枝/亩)	标准差
N0	8854 bB	1127	9663 abA	1592	3929 aA	1278
N1	9056 bB	1148	10239 aA	615	4603 aA	1028
N2	12218 aA	1627	8869 abA	1097	5030 aA	155
N3	9018 bB	1251	8651 bA	205	4945 aA	478

备注：N0：不施肥、N1：N3减N50%、N2：N3减N25%、N3：农民习惯  
相同列数字后相同小写字母表示差异未达5%，相同大写字母表示未达1%显著水平

#### 2.1.2 不同施氮量对玫瑰不同品种经济效益的影响

按采收时市场平均价计算产值，减去施用氮肥成本，折算出各处理玫瑰经济效益(表4)。结果可以看出，在磷、钾用量相同的基础上，三个品种经济效益减氮25%的处理最高，比农民习惯处理增产36.72%，减氮50%处理比农民习惯小幅提高，增1.45%，不施肥处理比农民习惯增0.19%；艳粉减氮

50%处理最高,比农民习惯处理增19.81%,不施氮处理次之,比农民习惯处理增14.09%,减氮25%处理比农民习惯处理提高3.11%,农民习惯处理最低;黑玫减氮25%处理最好,比农民习惯处理略有提高,增2.73%,但减氮50%处理比农民习惯降5.27%,不施肥处理最低,比农民习惯处理降17.52%。以上数据说明在已种植玫瑰5年、连续高强度施肥的土壤上,超级、黑玫品种减氮25%经济效益最好,艳粉减氮50%处理经济效益最好,艳粉不施氮处理仍保持大幅度增长态势。三个品种比较,相同处理条件下超级经济效益>艳粉>黑玫。

表4 不同品种、不同养分管理对玫瑰经济效益的影响

处理	超级 (元/亩)		艳粉 (元/亩)		黑玫 (元/亩)	
	氮肥成本	经济效益	氮肥成本	经济效益	氮肥成本	经济效益
N0	0	5929	0	4786	0	2838
N1	54	7196	54	5005	54	2834
N2	82	7249	82	5240	82	2936
N3	109	7197	109	5058	109	2803

备注:尿素:2000元/吨,经济效益仅为扣除氮肥成本而未考虑其它成本;花价:按当时市场平均价12元/20枝计算。N0:不施肥、N1:N3减N50%、N2:N3减N25%、N3:农民习惯施肥

## 2.2 不同氮养分管理对不同玫瑰品种植株氮含量的影响

采收时每处理取整株玫瑰植株8株测鲜重,105℃杀青1小时后调至70℃烘干称干重,并粉碎过筛进行植株氮分析,结果表明,植株地上部、地下部氮含量均表现为:超级>艳粉>黑玫,说明在氮水平相同情况下,单位植株体超级对肥料氮的吸收高于其它两个品种;在磷、钾用量相同的情况下,三个品种植株整株、茎叶、根和花吸收氮均随施氮量增加而增加,但当氮施用量达到25公斤/亩时,即在高氮水平下,各部位所吸收的氮反而降低。三个品种比较,玫瑰整株吸收氮量超级>艳粉>黑玫,茎叶吸收氮量超级>黑玫>艳粉,根吸收氮量超级>艳粉>黑玫,花吸收氮量艳粉>超级>黑玫。玫瑰植株各部位吸收氮结果显示,茎叶、根、花吸收氮量占整株比例:超级为48.6%、42.3%和9.1%,艳粉是29.8%、45.3%和24.9%,黑玫49%、40.4%和10.6%。

表5 不同养分管理对不同品种玫瑰植株吸收氮的影响

处理	超级 (公斤/亩干基)				艳粉 (公斤/亩干基)				黑玫 (公斤/亩干基)			
	整株	茎叶	根	花	整株	茎叶	根	花	整株	茎叶	根	花
N0	4.88	2.39	2.02	0.47	3.47	1.03	1.57	0.87	3.09	1.44	1.31	0.33
N1	5.25	2.39	2.38	0.47	3.61	1.09	1.63	0.90	3.38	1.68	1.36	0.35
N2	5.86	2.97	2.41	0.48	3.70	1.11	1.66	0.93	3.52	1.76	1.40	0.36
N3	4.97	2.45	2.06	0.47	3.46	1.01	1.60	0.85	3.25	1.62	1.27	0.36

备注: N0:不施肥、N1:N3减N50%、N2:N3减N25%、N3:农民习惯施肥

## 2.3 不同氮素水平对不同玫瑰品种植花土壤氮含量的影响

收获后分三层(0~20厘米, 20~40厘米, 40~60厘米)在畦上两株之间采集土样, 进行土壤水解氮、全氮分析, 结果见表6。

### 2.3.1 不同氮水平对不同玫瑰品种植花土壤水解性氮含量的影响

结果表明, 在玫瑰采收时, 与农民习惯施肥 N3 处理相比, 随着氮用量的减少, 3 个品种、各层土壤氮含量均表现出不同程度的降低(降幅在 1.57%~26.48%)。三个品种土壤水解氮都表现为, 在 0~60 厘米土层之间, 上层(0~20 厘米) > 中层(20~40 厘米) > 下层(40~60 厘米); 三层土壤分析结果同时显示, 植花土壤水解氮含量: 黑玫 > 艳粉 > 超级。

表 6 收获时各处理对不同土层土壤水解性氮含量的影响

项目	处理	超级			艳粉			黑玫		
		0-20 厘米	20-40 厘米	40-60 厘米	0-20 厘米	20-40 厘米	40-60 厘米	0-20 厘米	20-40 厘米	40-60 厘米
水解氮 (毫克/公斤)	N0	231	181	142	309	280	231	336	289	234
	N1	244	200	161	311	281	241	363	293	258
	N2	251	206	168	333	286	250	411	324	297
	N3	257	224	176	360	332	254	457	359	312

备注: N0: 不施肥、N1: N3 减 N50%、N2: N3 减 N25%、N3: 农民习惯施肥

### 2.3.2 不同氮水平对不同玫瑰品种植花土壤全氮含量的影响

从表 7 结果可以看出, 不施氮处理土壤全氮含量在 2.04~2.093 克/公斤之间。与农民习惯 N3 处理相比, 随着氮用量的减少, 3 个品种、各层土壤氮含量均表现出不同程度的降低(降幅在 0.23~7.40%), 一定程度上降低了氮在植花土壤中富集的风险。在玫瑰采收时, 三个品种土壤全氮含量均表现为下层(40~60 厘米) > 中层(20~40 厘米) > 上层(0~20 厘米), 在 0~60 厘米土层间土壤氮有明显向下转移倾向, 这可能与取样时地下水水位高(50~60 厘米), 土壤氮随灌溉水向下移动有关。植花土壤不同土层全氮含量都是黑玫 > 艳粉 > 超级。

### 2.3.3 不同氮水平对不同玫瑰品种收获后植花土壤总含氮量的影响

在试验地不同处理小区相应土层各取环刀土 10 个测容重, 取平均值得土壤容重 1.55 克/厘米<sup>3</sup>, 利用公式 [每亩耕地土重 (公斤/亩) = 土壤容重 (克/厘米<sup>3</sup>) × 667 (米<sup>2</sup>) × 10000 × 20 (土层厚度厘米) × 土壤含氮量 (克/公斤) / 1000000] 计算出每亩土地 20 厘米厚度土层土壤氮总量。结果表明, 在滇池湖滨区种植玫瑰 5 年的大棚植花土地上, 经过一季花 (3 个半月) 不同养分管理, 在该试验氮肥不同管理水平下, 20 厘米厚土层土壤含氮总量在 422-449 公斤/亩之间。相同处理、相同品种、不同土层土壤氮总量比较: 下层 (40~60 厘米) > 中层 (20~40 厘米) > 上层 (0~20 厘米); 相同处理、相同土层、不同品种土壤含氮总量土壤氮总量比较: 黑玫 > 艳粉 > 超级。0~60 厘米土层土壤含氮总量, 超级、艳粉、黑玫三个品种都表现为, 不施氮处理比基础样亏损, 分别亏 4.8 公斤/亩、4.2 公斤/亩和 3.4 公斤/亩; 减氮 50% 处理比基础样盈余, 分别盈 6.8 公斤/亩、7.7 公斤/亩和 8.3 公斤/亩; 减氮 25% 处理比基础样分别盈余 8.9 公斤/亩、10.0 公斤/亩和 10.6 公斤/亩; 农民习惯施肥 N3 处理比基础样盈余最多, 分别盈余 11.2 公斤/亩、11.0 公斤/亩和 11.5 公斤/亩。

表7 收获时各处理对不同土层土壤全氮含量的影响

项目	处理	超级			艳粉			黑玫		
		0-20厘米	20-40厘米	40-60厘米	0-20厘米	20-40厘米	40-60厘米	0-20厘米	20-40厘米	40-60厘米
全氮 (克/公斤)	N0	2.04	2.08	2.08	2.08	2.08	2.09	2.08	2.09	2.09
	N1	2.06	2.10	2.11	2.09	2.10	2.11	2.10	2.11	2.12
	N2	2.06	2.10	2.11	2.10	2.11	2.11	2.10	2.11	2.12
	N3	2.06	2.10	2.11	2.10	2.11	2.12	2.10	2.11	2.12
土壤氮总量 (20厘米厚 土层,公 斤/亩)	N0	421.8	429.7	430.3	433.1	434.3	435.6	440.1	441.8	443.5
	N1	424.9	433.2	435.3	436.4	438.3	440.1	443.3	445.8	448.0
	N2	425.7	434.0	435.7	437.4	438.9	440.8	444.4	446.7	448.4
	N3	426.2	434.8	436.7	437.6	439.3	441.2	444.6	446.9	448.8
	基础	423.1	431.1	432.4	434.1	435.6	437.4	441.0	443.1	444.8
土壤氮总量比 基础样增减 (20厘米厚土 层,公斤/亩)	N0	-1.24	-1.45	-2.07	-1.04	-1.25	-1.87	-0.85	-1.27	-1.27
	N1	1.86	2.07	2.90	2.29	2.71	2.71	2.33	2.76	3.18
	N2	2.69	2.90	3.31	3.33	3.33	3.33	3.39	3.61	3.61
	N3	3.10	3.73	4.35	3.53	3.75	3.75	3.61	3.82	4.03
0~60厘米 土层土壤 氮总量亏盈 (公斤/亩)	N0	-4.75			-4.16			-3.39		
	N1	6.83			7.70			8.27		
	N2	8.89			9.99			10.61		
	N3	11.17			11.03			11.46		

备注：N0：不施肥、N1：N3减N50%、N2：N3减N25%、N3：农民习惯

#### 2.4 不同氮素养分管理对不同玫瑰品种花地地下水氮含量的影响

样品采收期同时取地下水进行分析,结果(表8)显示:三个品种所有处理地下水氮含量均比农民习惯施肥处理降低,最大降幅为36.6%,同时对表中三个品种各处理地下水氮含量进行比较发现,艳粉远远高于超级和黑玫,最高达到364.7毫克/升;三个品种均表现为不施氮(N0P2K2)处理地下水氮含量最低,并且地下水氮含量随施肥量增加而呈递增趋势。三个品种比较:黑玫>艳粉>超级。

表8 不同品种、不同养分管理对花地地下水氮含量的影响

处理	超级		艳粉		黑玫	
	N含量 (毫克/升)	比N3 (%)	N含量 (毫克/升)	比N3 (%)	N含量 (毫克/升)	比N3 (%)
N0	100.1	-29.3	99.8	-33.2	104.3	-36.6
N1	138.0	-2.5	139.4	-6.7	142.8	-13.3
N2	140.6	-0.7	143.3	-4.0	158.6	-3.7
N3	141.6	0	149.4	0	164.7	0

备注：N0：不施肥、N1：N3减N50%、N2：N3减N25%、N3：农民习惯

### 3 结论

在滇池周边玫瑰主栽地区已种植玫瑰5年、连续高强度施肥的土壤上,从产量、经济效益角度考虑,超级、黑玫都是减氮25%处理最好;艳粉为减氮50%处理最好,甚至艳粉不施肥处理产量、经济效益还好于减氮25%和农民习惯施肥N3处理。

对不同处理玫瑰植株整株取样进行植株氮分析,植株地上部、地下部氮含量均表现为:超级>艳粉>黑玫;在磷、钾用量相同的情况下,植株整株、茎叶、根和花吸收氮量随施氮量增加而增加,但当氮施用量达到25公斤/公顷时,三个品种玫瑰各部位吸收氮量反而降低。三个品种比较,玫瑰整株吸收氮量超级>艳粉>黑玫,茎叶吸收氮量超级>黑玫>艳粉,根吸收氮量超级>艳粉>黑玫,花吸收氮量艳粉>超级>黑玫。玫瑰植株茎叶、根、花吸收氮量占整株比例:超级为48.6%、42.3%和9.1%,艳粉是29.8%、45.3%和24.9%,黑玫49%、40.4%和10.6%。

土壤水解氮含量在磷钾用量相同的基础上,3个品种、上中下层土壤均随氮用量的增加而不同程度增加;在0~60厘米土层之间,上层(0~20厘米)>中层(20~40厘米)>下层(40~60厘米);三个品种比较,黑玫>艳粉>超级。土壤全氮含量,3个品种、不同土层土壤均随着氮用量的减少而不同程度的降低(降幅在0.23~7.40%),一定程度上降低了氮在植花土壤中富集的风险。三个品种均表现为下层>中层>上层,在0~60厘米土层间土壤氮有明显向下转移倾向。

土壤含氮总量,经过该试验不同养管理,在该试验条件下,20厘米厚土层在6327.2~6732.2 Kg/hm<sup>2</sup>之间;不同土层、相同处理、相同品种土壤氮总量比较:下层>中层>上层;不同品种、相同处理、相同土层土壤氮总量比较:黑玫>艳粉>超级;与试验处理前相比,0~60厘米土层土壤含氮总量,超级、艳粉、黑玫三个品种都表现为,不施氮处理出现不同程度亏损,亏3.4-4.8公斤/亩,减氮50%处理开始出现盈余,盈余6.8-8.3公斤/亩,减氮25%处理盈余更多,盈余8.9-10.6公斤/亩,农民习惯施肥N3处理盈余最多,盈11.0-11.4公斤/亩。

地下水氮含量随施肥量增加而呈递增趋势,艳粉地下水氮含量远远高于超级和黑玫,最高达到364.7毫克/升;三个品种比较:黑玫>艳粉>超级

综上所述,从产量、经济效益、植株带走的氮、土壤氮盈亏、对地下水氮污染风险等方面综合考虑,该试验条件下推荐氮高效、环境友好型玫瑰种植品种为超级,推荐施肥量为农民习惯减氮25%,施氮量为18.7公斤/亩。

#### 参考文献:

- [1] 杨新泉,冯锋,宋长青,冷疏影.植物营养与肥料学报.主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用研究2003,9(3):373-376
- [2] 张兴昌 邵明安.草地学报.植被覆盖度对流域有机质和氮素径流流失的影响2000,8(3):198-203
- [3] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法.北京:中国农业科技出版社.2000
- [4] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版).北京:中国农业出版社.2005
- [5] 李酉开.土壤农业化学常规分析方法.北京:科学出版社.2005
- [6] 魏复盛.水和废水监测分析方法(第四版).北京:中国环境科学出版社.2002
- [7] 朱祖祥.土壤学(全国高等农业院校试用教材、土壤农化专业用).北京:农业出版社.1982