

反射仪-硝酸根试纸法现场速测蔬菜硝酸盐水平及其应用

沙凌杰¹, 李正英², 朱 丽³, 潘艳华⁴, 陈锦玉¹, 和丽忠¹, 张晓林¹

(1.云南省农业科学院质量标准与检测技术研究所, 云南 昆明 650223; 2.保山市农业环境保护监测站, 云南 保山 678000; 3.昆明市晋宁县农业局, 云南 晋宁 650600; 4.云南省农业科学院农业环境与资源研究所, 云南 昆明 650220)

摘 要:通过结球甘蓝、白菜和黄瓜的田间试验,研究了用反射仪-硝酸根试纸法田间现场速测黄瓜、白菜和结球甘蓝叶柄汁液硝酸根含量与土壤硝酸根含量、施氮量、蔬菜食部硝酸盐含量和产量的关系。结果表明,结球甘蓝心叶外第3展开叶叶柄中段、白菜心叶外第2展开叶叶柄中段、黄瓜心叶下第3叶叶柄中段、叶柄汁液硝酸盐浓度与施氮量和产量都有极显著和显著相关性,灵敏地反映了蔬菜及其土壤的硝酸盐水平。用于3种蔬菜氮素营养诊断推荐追肥,氮肥用量比常规高产施氮量减少40.7%~66.4%,从而最大限度地控制过量化肥对蔬菜和环境的污染。结球甘蓝播种后40 d心叶外第1、2和3展开叶叶柄汁液硝酸盐浓度与土壤硝酸根含量极显著和显著线性相关。反射仪-硝酸根试纸法现场测定外叶叶柄汁液硝酸盐含量与按GB/T 15401-94的方法实验室测定可食部分硝酸根含量极显著线性相关。反射仪-硝酸根试纸法快捷简便,是蔬菜氮素营养诊断和蔬菜硝酸盐含量监测的理想的现场速测技术。

关键词:反射仪-硝酸根试纸法; 硝酸盐; 施肥量; 蔬菜

中图分类号:X835 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)05-0994-06

Nitrate Test-strip-reflectometer for Rapid Testing Nitrate Level in Cucumber, Chinese Cabbage and Cabbage in Field Scene

SHA Ling-jie¹, LI Zheng-ying², ZHU Li³, PAN Yan-hua⁴, CHEN Jin-yu¹, HE Li-zhong¹, ZHANG Xiao-lin¹

(1. Institute of Agricultural Quality Standard & Testing Technique, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China; 2. Agricultural Environmental Protection and Monitor Station of Baoshan City, Baoshan 678000, China; 3. Agricultural Bureau of Jinning County, Jinning 650600, China; 4. Institute of Agricultural Environment & Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China)

Abstract: The nitrate levels in cabbage, Chinese cabbage and cucumber were determined by nitrate test-strip-reflectometer in the field experiments with the nitrogen application rates, the relationships among the nitrate content in leaf handle juices of tested vegetable, and that in the soil, yield and nitrogen application rates were analyzed. The results showed that the nitrate content in the leaf handle middle sect of the third spread leaf of cabbage, the outer second spread leaf from center leaf of Chinese cabbage and the third leaf under center leaf of cucumber were significantly correlated to the yield and the applied N rate, and reflected delicately the nitrate level of the tested vegetables. When these results were used in the nitrogenous nutrition diagnostic and fertilizer recommendation for three vegetables, the applied N rate recommended were lower 40.7%~66.4% than conventional high-yield, and the nitrate content of vegetables and environment pollution from nitrogen fertilizers were controlled remarkably. The nitrate content in the leaf handle middle sect of first, second and third spread leaf outer center leaf of cabbage were significantly correlated to that in the soil. The nitrate content of Chinese cabbages in outer leaves juice determined by the nitrate test-strip-reflectometer in field scene and in edible part determined by colorimetric analysis in labora-

收稿日期:2004-11-24

基金项目:云南省科技攻关计划项目(2002NG13)部分工作

作者简介:沙凌杰(1977—),男,研究实习员,主要从事农业环境资源工作。

联系人:张晓林 E-mail: Sjzxl@hotmail.com

tory showed a significantly linear correlation. So the nitrate test–strip–reflectometer method could rapidly monitor the nitrate level of vegetables and soils in the field and market scene.

Keywords: nitrate test–strip–reflectometer; nitrate; fertilizer application rates; vegetable

作物和土壤的硝酸根含量作为污染指标,要求快速、灵敏、准确的现场检测技术实施检测。德国 Merck 公司试纸产品测定蔬菜等植物样品中硝酸盐含量仅需 1 min 就可得出定量数据^[1,2]。李志宏等研究比较了反射仪法和二苯胺法两种快速法及其与连续流动分析法和阴离子色谱法两种常规测定方法的相关性,并在小麦、玉米等作物上应用^[2,3]。Holden 比较了 Merck Rqflex 反射仪与硝酸盐自动分析仪, 两者的测定结果相关性极显著^[4]。陈锦玉等采用反射仪–硝酸根试纸法测定不同土壤、施肥条件下烤烟不同生育期叶脉硝酸盐含量,烤烟移栽后 20~30 d 第一平展叶叶脉硝酸盐含量与施肥量、采收期烟叶硝酸盐含量、烤后烟叶氮和烟碱含量有显著的相关性^[5]。

本文通过结球甘蓝、白菜和黄瓜不同施氮量的田间试验和蔬菜硝酸盐含量的测试,研究了蔬菜某一时期特定部位的硝酸根含量与土壤硝酸根含量、施氮量、蔬菜食用部硝酸根含量和产量的关系,讨论了反射仪–硝酸根试纸法田间现场快速测试蔬菜和土壤硝酸根水平的方法及其在蔬菜氮素营养诊断推荐施肥,指示土壤环境的硝酸盐水平,监测蔬菜食用部硝酸根含量等方面的应用。为减少或控制过量化肥对环境和蔬菜的污染提供一项现场快速监测技术。

1 试验部分

1.1 仪器和试剂

德国 Merck RQflex 2 型反射仪和硝酸根试纸条。

1.2 试验材料

试验设置见表 1。各处理化肥施用量以纯氮计,磷肥按比例作基肥一次施入,钾肥按比例随氮肥分次施入。于每次追肥前一天用反射仪–硝酸根试纸法分处理在田间现场测定不同叶位叶柄汁液硝酸根浓度,蔬菜收获时取样测定食用部硝酸盐含量,统计产量。结球甘蓝第一次追肥前同时测试土壤硝酸根和铵离子含量。

1.3 测试方法

1.3.1 蔬菜硝酸根含量的反射仪–硝酸根试纸法速测
于追肥前摘取心叶外的完全展开叶,榨取叶柄或叶脉汁液,用测量范围为 5~225 mg·kg⁻¹ 的硝酸根试纸条和反射仪测定。测试前校准仪器^[2]。检测下限为 5 mg·L⁻¹,结果计算:

硝酸根含量(mg·L⁻¹)=读数×加水量×10

1.3.2 土壤硝酸根含量的反射仪–硝酸根试纸法速测
取混合样,破碎混匀。称取相当于 20 g 风干土的鲜土(土壤水分采用定容称量法田间速测^[6]),加入饱

表 1 试验设置
Table 1 the experiment setting

处理号	化肥施用量/N kg·667m ⁻² N:P ₂ O ₅ :K ₂ O=1:0.5:1 (甘蓝、白菜), 1:0.8:1.5(黄瓜)												
	结球甘蓝:京丰 1 号				白菜:津绿 60				黄瓜:中农一号				
	基肥	追肥 1	追肥 2	Σ	基肥	追肥 1	追肥 2	Σ	基肥	追肥 1	追肥 2	追肥 3	Σ
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1.5	1.5	5	2	1.5	1.5	5	1.2	3.2	2.4	1.2	8
3	3	2	2	7	3	2	2	7	1.65	4.4	3.3	1.65	11
4	5	2.5	1.5	9	5	2.5	2.5	10	2.4	6.4	4.8	2.4	16
5	5	3.75	3.75	12.5	5	3.75	3.75	12.5	2.4	6.4	4.8	2.4	16
6	7	4	4	15	7	4	4	15	2.4	6.4	4.8	2.4	16
7	9	4.5	4.5	18	9	4.5	4.5	18	3.6	9.6	7.2	3.6	24
8	11	5	5	21	11	5	5	21					
9					20	15	15	50					
月/日	3/2 播种	3/30	4/12	5/10 收获	7/17 播种	8/8	8/27	9/5 收获	9/4 播种	9/23	10/2	11/1	
测试日期		3/29 播后 27 d	4/11 播后 40 d	4/29 播后 58 d		8/7 播后 21 d	8/26 播后 40 d			9/22 播后 18 d	10/1 播后 27 d	10/31 播后 57 d	
供试土	昆明市晋宁县金沙村滇池湖滨水稻土: pH 7.2, 有机质含量 34.4 g·kg ⁻¹ 。				昆明市晋宁县金沙村滇池湖滨水稻土: pH 7.2, 有机质含量 34.4 g·kg ⁻¹ 。				保山市登高村冲积土:pH 8.6, 有机质含量 21.1 g·kg ⁻¹ 。				

和硫酸钙溶液 50 mL,搅拌浸提 15 min,用测量范围为 3~100 mg·kg⁻¹ 的硝酸根试纸条和反射仪测定。检测下限为 7.5 mg·kg⁻¹,结果计算:

硝酸根含量(mg·kg⁻¹)=读数×2.5。

1.3.3 蔬菜食用部分硝酸盐含量测定

按国家标准 GB/T 15401-94 的方法测定。

1.4 试验统计方法

试验数据采用 Microsoft Excel 的回归分析方法。

2 结果与讨论

2.1 蔬菜硝酸盐水平速测的取样部位和诊断时期

反射仪-硝酸根试纸法速测植物硝酸盐水平是用植物组织汁液中的硝酸盐浓度反映作物的氮营养状况和叶片硝酸盐水平。通常采用茎基部和叶柄等输导组织进行植物硝酸盐诊断^[3]。结球甘蓝、白菜和黄瓜施氮量与硝酸盐含量试验的测试结果分别见表 2、3 和

4。

为了确定适宜的取样部位和诊断时期,对 3 种蔬菜不同施氮水平叶柄汁液硝酸盐浓度与施氮量、土壤硝酸盐、产量作相关分析,结果见表 5、6、7。为清晰起见,只列入其相关接近显著、显著和极显著的数据。绝大多数变量间二次相关优于线性相关,说明二次函数不仅较好地反映肥料效应规律,同样也反映蔬菜硝酸盐积累规律。

表 5 表明,结球甘蓝播种后 27 d,心叶外第 1、2、3 展开叶叶柄汁液硝酸盐浓度与施氮量、土壤硝酸根含量和产量并不相关;而播种后 40 d 心叶外第 1、2、3 展开叶叶柄汁液硝酸盐浓度与施氮量、土壤硝酸根含量极显著相关,与产量也显著相关。因此结球甘蓝硝酸盐水平的最佳诊断部位是心叶外第 3 展开叶叶柄中段,最佳诊断时期是播种后 40 d。

表 6 表明,白菜播种后 21 d,心叶外第二、三展开

表 2 结球甘蓝不同施氮水平试验硝酸盐测试结果

Table 2 The results of the nitrate level in leaves and in the part-eatable, NO ₃ ⁻ and NH ₄ ⁺ in the soil and yields in the several nitrogenous fertilizer application for cabbage												
施氮量 /kg • 667 m ⁻²	土壤 NO ₃ ⁻ /mg • kg ⁻¹	土壤 NH ₄ ⁺ /mg • kg ⁻¹	叶柄中段汁液 NO ₃ ⁻ /g • L ⁻¹								收获食部 NO ₃ ⁻ /g • kg ⁻¹	产量 /kg • 667m ⁻²
			播种后 27 d			播种后 40 d			播种后 58 d			
			A	B	C	A	B	C	C	D		
0	240	6.7	5.63	6.96	8.16	3.65	4.08	4.51	4.50	4.60	0.46	6 314
5	430	5.1	5.39	6.21	7.63	3.41	4.00	4.20	5.46	3.80	1.07	6 446
7	270	2.8	5.03	6.55	6.96	3.92	4.27	5.28	4.78	3.46	1.44	6 534
9	200	5.5	5.17	6.56	7.47	3.17	4.16	4.27	4.78	6.08	1.30	6 534
12.5	350	4.3	5.78	7.01	8.43	3.81	4.27	5.01	5.34	3.96	1.23	6 952
15	600	2.8	5.04	6.66	8.16	4.51	5.60	5.71	4.78	3.36	1.41	6 974
18	770	4.3	5.49	6.27	7.81	5.01	5.57	6.43	4.80	6.33	1.37	7 040
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.24	6 614

注:A、B、C、D 分别代表第一、二、三、四展开叶。

表 3 白菜不同施氮水平试验硝酸盐测试结果

Table 3 The nitrate level in leaves and in the part-eatable, and yields in the several nitrogenous fertilizer application for Chinese cabbage							
施肥量 N /kg • 667m ⁻²	叶柄汁液 NO ₃ ⁻ /g • kg ⁻¹					收获食部 NO ₃ ⁻ /g • kg ⁻¹	产量 /kg • 667 m ⁻²
	播种后 21 d				播后 40 d		
	第三展开叶基	第三展开叶中	第二展开叶基	第二展开叶中	第二展开叶中		
0	3.44	3.64	2.80	3.32	4.12	1.79	526
5	2.96	3.56	2.72	2.64	2.60	1.46	687
7	5.60	5.60	3.88	4.08	3.72	1.13	790
10	6.60	7.08	5.64	5.52	4.12	1.08	836
12.5	5.00	6.25	4.70	4.75	5.04	1.78	879
15	6.20	7.15	4.30	4.80	6.56	1.03	963
18	7.20	4.80	5.40	5.92	6.56	1.47	1 191
21+麦秸						0.64	5 354
20+PAA						0.65	5 068
20+硅						0.84	5 319
50						1.53	5 155

表 4 黄瓜不同施氮水平试验硝酸盐测试结果

Table 4 The nitrate level in leaves and in the part-eatable, and yields in the several nitrogenous fertilizer application for cabbage									
施氮量 N /kg · 667 m ⁻²	心叶下第 3 叶叶柄中段汁液 NO ₃ ⁻ /g · L ⁻¹				中部瓜汁液 NO ₃ ⁻ /g · L ⁻¹		收获食部 NO ₃ ⁻ /g · kg ⁻¹	产量 /kg · 667 m ⁻²	扣除化肥成 本后收益 /元 · 667m ²
	苗期播种后	初花期播种后	盛果期播种后	采收期播种后	盛果期播种后	采收期播种后			
	18 d	27 d	57 d	70 d	57 d	70 d			
0	1.06	0.91	0.31	0.022	0.00	0.00	0.122	2 309	1 154
8	2.44	3.42	0.52	0.059	0.018	0.006	0.405	2 851	1 320
11	2.30	4.28	1.24	0.28	0.020	0.009	0.212	2 778	1 288
16	2.48	4.14	0.96	0.53	0.108	0.018	0.236	3 123	1 330
16	2.72	3.18	1.12	0.40	0.053	0.012	0.259	2 903	1 241
16	3.10	3.62	0.76	0.46	0.062	0.029	0.226	3 230	1 324
24	3.22	3.36	1.54	0.52	0.088	0.020	0.225	3 156	1 261

表 5 结球甘蓝硝酸盐水平与施氮量、土壤硝酸盐、产量的相关系数

Table 5 The relationship among the nitrate level in leaves and in the soil, nitrogenous fertilizer application and yields for cabbage											
项目 代号	施氮量	土壤 NO ₃ ⁻	播种后 27 d 第一、二、三展 开叶叶柄中段 NO ₃ ⁻			播种后 40 d 第一、二、三展 开叶叶柄中段 NO ₃ ⁻			播种后 58 d 第三、四展 开叶叶柄中段 NO ₃ ⁻		产量
			第一	第二	第三	第一	第二	第三	第三	第四	
			1	2	3	4	5	6	7	8	
1	—	0.873 ^{**}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	0.754 [*]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	0.843 ^{**}	0.713 [*]	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	0.746 [*]	—	—	—	—	—	—
5	—	—	0.663	—	—	—	—	—	—	—	—
6	0.713 [*]	0.880 ^{**}	—	—	—	—	0.926 ^{**}	0.977 ^{**}	—	0.887 ^{**}	0.767 [*]
7	0.820 [*]	0.876 ^{**}	—	—	—	0.913 ^{**}	—	0.938 ^{**}	—	—	0.872 ^{**}
8	0.773 [*]	0.810 [*]	—	—	—	0.977 ^{**}	0.889 ^{**}	—	—	0.758 [*]	0.801 [*]
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.695
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	0.959 ^{**}	0.751 [*]	—	—	—	0.765 [*]	0.802 [*]	0.799 [*]	—	—	—

注:n=7,f=n-1=6,P=0.10,r₀=0.621 5;P=0.05,r₀=0.706 7;P=0.01,r₀=0.834 3。表中对角线左下部分的数据为线性相关系数,右上部分的数据为二次相关系数。“—”线性不相关,“——”二次不相关。

表 6 白菜硝酸盐水平与施氮量、土壤硝酸盐、产量的相关系数

Table 6 The relationship among the nitrate level in leaves, nitrogenous fertilizer application and yields for Chinese cabbage							
项目 代号	施氮量	播种后第 21 d 第二、三展开叶叶柄中、基部 NO ₃ ⁻				播种后第 40 d 第二展开叶 叶柄中部 NO ₃ ⁻	产量
		三基	三中	二基	二中		
		1	2	3	4	5	6
1	—	—	0.864 5 ^{**}	0.840 4 ^{**}	0.838 7 ^{**}	0.858 0 ^{**}	0.921 1 ^{**}
2	0.860 6 ^{**}	—	—	0.871 6 ^{**}	0.910 4 ^{**}	0.951 6 ^{**}	0.712 3 [*]
3	—	0.698 6	—	—	0.785 2 [*]	0.758 9 [*]	—
4	0.808 8 [*]	0.910 4 ^{**}	0.713 4 [*]	—	—	0.972 1 ^{**}	0.688 4
5	0.857 3 ^{**}	0.951 6 ^{**}	0.668 7	0.969 7	—	—	0.752 8 [*]
6	0.815 7 [*]	0.712 2 [*]	—	—	0.741 7 [*]	—	—
7	0.974 6 ^{**}	0.841 2 ^{**}	—	0.775 3 [*]	0.821 6 [*]	0.779 7 [*]	—

注:同表 5。

叶叶柄汁液硝酸盐浓度与施氮量和产量极显著相关;播种后 40 d 心叶外第二展开叶叶柄中段汁液硝酸盐浓度与施氮量和产量也极显著相关。因此白菜硝酸盐水平的最佳诊断部位是心叶外第二展开叶叶柄中段或第三展开叶叶柄基段,最佳诊断时期是播种后 21 d

或 40 d。

根据结球甘蓝和白菜取样部位的经验,黄瓜硝酸盐水平速测取心叶下第 3 叶叶柄中段。苗期、初花期、盛果期、采收期每次追肥前叶柄汁液硝酸盐浓度与施氮量和产量都有良好的相关性(表 7)。

2.2 反射仪-硝酸根试纸法在蔬菜氮素营养诊断推荐施肥中的应用

根据产量与施氮量和基肥施氮量的二次回归分析,确定产量最高时的施氮量和基施氮量。根据选定的诊断时间和部位汁液 NO₃⁻ 浓度与已施氮量的二次回归分析,计算某一基施氮量时,叶柄或叶脉汁液的硝酸根含量,作为诊断临界指标,并计算对应的推荐追施氮量。结果见表 8。

采用反射仪-硝酸根试纸法,根据作物需求和土壤硝酸根水平确定基肥施氮量,再根据追肥前作物硝酸根水平推荐追肥施氮量。该法推荐的氮肥用量比常规高产施氮量减少 40.7%~66.4%,既满足作物优质高产高效所需,又可最大限度地控制过量化肥对环境的污染。

2.3 结球甘蓝叶柄汁液硝酸盐浓度与土壤硝酸根含量的关系

根据表 5,结球甘蓝播种后 40 d 心叶外第一、二

和三展开叶叶柄汁液硝酸盐浓度与土壤硝酸根含量极显著和显著线性相关,说明作物组织硝酸盐水平能很好地指示土壤硝酸根含量水平。应用反射仪-硝酸根试纸法进行植物氮素营养诊断时,待测部位确定后,可以用植物分析代替土壤测试。

2.4 反射仪-硝酸根试纸法与国标法测定蔬菜硝酸盐含量的比较

对表 2、3、4 的相关分析还表明,结球甘蓝食用部硝酸根含量与施氮量显著正相关 ($n=7,r=0.761\ 3^*$),与土壤铵态氮显著负相关($n=7,r=-0.827\ 5^*$),与土壤硝态氮不相关,说明蔬菜食部硝酸盐含量与施肥有关。白菜和黄瓜食部硝酸盐含量与施氮量不相关,与白菜采收早、黄瓜分期采收有关。结球甘蓝、白菜和黄瓜各生长阶段叶柄汁液硝酸根含量与收获食部硝酸盐含量都不相关,与测试时期不同有关。

同期采取相同管理条件下白菜不同品种样品,用反射仪-硝酸根试纸法现场测定外叶叶柄汁液硝酸盐

表 7 黄瓜硝酸盐水平与施氮量、土壤硝酸盐、产量的相关系数

Table 7 The relationship among the nitrate level in leaves, nitrogenous fertilizer application and yields for cucumber

项目 代号	施氮量	心叶下第三叶叶柄中段汁液 NO ₃ ⁻				中部瓜瓜汁 NO ₃ ⁻		产量
		播种后 18 d	播种后 27 d	播种后 57 d	播种后 70 d	播种后 57 d	播种后 70 d	
		1	2	3	4	5	6	
1			0.946 0 ^{**}	0.918 2 ^{**}	0.844 5 ^{**}	0.912 2 ^{**}	0.836 3 [*]	0.930 8 ^{**}
2	0.917 0 ^{**}			0.934 0 ^{**}	0.679 0	0.773 6 [*]	0.676 7	0.940 2 ^{**}
3	0.633 5	0.717 0 [*]			0.623 8	0.634 5	—	0.858 4 ^{**}
4	0.843 4 [*]	0.678 2	—			0.817 2 [*]	0.640 0	0.719 9 [*]
5	0.907 7 ^{**}	0.769 3 [*]	—	0.739 5 [*]			0.977 9 ^{**}	0.849 1 ^{**}
6	0.836 3 ^{**}	0.674 7	—	—	0.919 5 ^{**}		0.877 6 [*]	0.935 4 ^{**}
7	0.790 2 [*]	0.829 5	—	—	0.850 1 ^{**}	0.756 2 [*]		0.972 6 ^{**}
8	0.885 5 ^{**}	0.939 2 ^{**}	0.758 2 [*]	—	0.849 0 ^{**}	0.825 1 [*]	0.914 1 ^{**}	

表 8 黄瓜、甘蓝、白菜氮营养快速诊断指标和施肥建议

Table 8 Nitrogenous nutrition diagnostic index and fertilizer application recommendation for cucumber, cabbage and Chinese cabbage

作物	诊断时期	诊断部位	诊断指标 NO ₃ ⁻ /g · L ⁻¹	推荐施肥量 N/kg · 667m ²			高产施氮量 N /kg · 667 m ²	施氮量减少 /%
				基肥	追肥	总量		
黄瓜	播种后 18~26 d	心叶下第三叶叶柄中段	苗期 3.2	3.7	11.6	14.7	24.8	40.7
			初花期 4.0	8.7				
甘蓝	移栽后 40 d	心叶外第三展开叶叶柄中段	4.4	7.7	9.1	16.8	50.0	66.4
白菜	移栽后 21 d	心叶外第二展开叶叶柄中段	5.9	9.0	12.0	21.0	46.2	54.5

表 9 两种方法测得的几种白菜硝酸盐含量

Table 9 The nitrate contents of Chinese cabbages in out leaves determined by the nitrate test-strip-reflectometer in field scene and edible part determined by colorimetric analysis in laboratory

测试方法	白菜品种						回归方程常数及相关系数
	北京 75	羞月	83-1	金秋 58	津绿 60	高抗王	
反射仪-硝酸根试纸法 外叶叶柄 NO ₃ ⁻ /mg · L ⁻¹	1 291	2 415	1 725	1 440	2 055	1 305	A=26 B=0.58
GB/T 15401—94 法可食部分 NO ₃ ⁻ /mg · kg ⁻¹	886	1 452	1 103	692	1 186	1 097	r=0.926 5 ^{**}

含量,同时按 GB/T 15401-94 的方法实验室测定可食部分硝酸根含量(表 9)。结果表明,两种方法测定的硝酸盐含量有极显著的相关性。反射仪-硝酸根试纸法快速灵敏,可用于蔬菜 NO_3^- 含量的现场快速监测,作为叶菜类蔬菜安全质量市场准入监测技术。

3 小结

(1)根据蔬菜施氮量与硝酸盐含量的田间试验和相关分析结果,确定了反射仪-硝酸根试纸法速测蔬菜硝酸盐水平的测试部位。

(2)试验研究了反射仪-硝酸根试纸法用于三种蔬菜氮素营养诊断推荐追肥,氮肥用量比常规高产施氮量减少 40.7%~66.4%,既满足作物优质高产高效,又最大限度控制过量化肥对环境的污染。

(3)作物组织硝酸盐水平能很好地指示土壤硝酸根含量水平。反射仪-硝酸根试纸法做植株氮素营养诊断比土壤测试快捷简便得多。

(4)反射仪-硝酸根试纸法可用于蔬菜 NO_3^- 含量的现场快速监测,作为叶菜类蔬菜安全质量市场准入监测技术。

参考文献:

- [1] 王 晶,曹一平.植物和土壤中硝酸盐含量的测定方法[A].见:李晓林,张福锁,米国华主编.平衡施肥与可持续优质蔬菜生产[C].北京:中国农业大学出版社,2000.213.
- [2] 李志宏,张福锁,王兴仁.我国北方地区几种主要作物氮营养诊断及追肥推荐研究, II ;植物硝酸盐快速诊断方法的研究[J].植物营养与肥料学报,1997,3(3):268-273.
- [3] 陈新平,李志宏,王兴仁,等.土壤、植株快速测试推荐施肥技术体系的建立与应用[J].土壤肥料,1999,(2):6-10.
- [4] Holden N M.Paper test-strip for rapid determination of nitrate tracer[J]. *Commun Soil Sci Plant Anal*,1995,26:1885-1894.
- [5] 陈锦玉,和丽忠,汪禄祥,等.反射仪快速测定烤烟硝酸盐作氮素营养诊断及应用[J].中国农学通报,2002,18(6):39-42.
- [6] 劳家桎主编.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1988. 205, 310.