

文章编号:1003-8701(2014)04-0026-05

SPAD 值在马铃薯氮素营养诊断和推荐施肥中的研究与应用

陈百翠, 魏峭嵘, 石 瑛*, 马丽美

(东北农业大学农学院, 哈尔滨 150030)

摘要:以马铃薯品种东农 311 为试验材料,采用 3414 肥料试验设计,研究了马铃薯主要生育时期的倒三叶 SPAD 值与施肥量及相对产量间的关系,试验结果表明,SPAD 值与施氮量、施钾量均呈显著正相关,与施磷量呈显著负相关,并且在一定的施氮范围内,与相对产量也呈显著正相关。通过方程拟合得出仅氮肥影响下马铃薯块茎形成期 SPAD 临界值为 45.16,块茎膨大期 SPAD 临界值为 44.00,淀粉积累期 SPAD 临界值为 44.14。

关键词:马铃薯;相对产量;SPAD 值

中图分类号:S532

文献标识码:A

Application of SPAD Value in Nitrogen Diagnosis and Fertilization of Potato

CHEN Bai-cui, WEI Qiao-rong, SHI Ying*, MA Li-mei

(College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: With potato variety Dongnong 311 as test material, the 3414 fertilizer experiment design was adopted to researches the relationship among SPAD value of top three leaves in main potato growth stages, fertilizer application and relative yield. The experimental results showed that SPAD value was significantly and positively correlated with nitrogen and potassium applied. But it was negatively related to the quantity of phosphorus. To a certain range of Nitrogen level, it was positively related to the relative yield. The fitting equation only under the influence of the nitrogen showed that at potato tuber formation stage critical SPAD value was 45.16, at the tuber enlargement stage critical SPAD value was 44.00, and at the starch accumulation stage the critical value was 44.14 SPAD.

Keywords: Potato; Relative yield; SPAD values

马铃薯是世界上除小麦、水稻、玉米之后的第四大粮食作物^[1-2]。大量研究表明,氮肥对马铃薯的产量提升起到了非常重要的作用。张宝林等研究在块茎形成期、块茎膨大期和淀粉积累期,维持一定的氮素浓度,对马铃薯的经济产量有极大的提高^[3]。另外,随着产量水平的提升,作物对氮素的需求也相应地增加,因此合理施用氮肥对于作

物的生长和产量的提高是非常重要的^[4-5]。

马铃薯氮素营养诊断虽然已有一定的研究进展,并推荐了多种氮素营养诊断的方法,但是多数都有其弊端。经过大量研究表明,叶绿素含量与叶片含氮量有较好的相关性,因此可以通过测定叶绿素含量对植物氮素营养状况进行诊断。但是测定叶绿素也要进行破坏性工作。鉴于此,日本研究了一种便携式 SPAD-502 叶绿素仪,可以用来进行田间作物氮素诊断及施肥推荐。Gianquinto 等^[6]的研究显示,叶片 SPAD 值与叶片全氮含量存在相关性,同时表明叶片 SPAD 值可以预测产量。Uddling 等^[7]也发现马铃薯叶片的全氮含量与测得的

收稿日期:2014-05-05

基金项目:现代农业产业技术体系建设专项资金资助(CARS-10)

作者简介:陈百翠(1989-),女,硕士研究生,作物遗传育种专业。

通讯作者:石 瑛,女,副研究员,E-mail:shiyong01@163.com

SPAD 值呈正相关关系。李井会和聂向荣^[8]的研究发现,测定倒三叶或倒四叶片的 SPAD 值与马铃薯叶片叶绿素含量和全氮含量呈显著正相关关系。国内外的研究为用叶绿素仪进行马铃薯的氮素营养诊断的可行性提供了依据。但应用叶绿素仪测定的 SPAD 值对马铃薯进行氮素营养诊断、建立氮肥并推荐追肥体系基本上都只在单因素氮水平下。为了系统研究磷、钾肥及氮磷钾互作对 SPAD 的影响,本试验利用了 3414 肥料随机完全区组试验设计,研究了氮、磷、钾配比及氮、磷、钾单因素对 SPAD 值的影响,旨在提高 SPAD 值作为马铃薯主要生育时期氮素营养诊断的准确性,为推荐施肥提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

马铃薯品种东农 311 的原一代种薯。

1.2 试验处理

1.2.1 试验地点

东北农业大学阿城动物类实验实习基地马铃薯试验地。

1.2.2 试验设计

本试验按照 3414 试验方案,每个品种设置氮、磷、钾 3 个因素、4 个水平、14 个处理。4 个水平的含义:0 水平指不施肥,2 水平指当地推荐施肥量,1 水平(指施肥不足)=2 水平 $\times$ 0.5,3 水平(指过量施肥)=2 水平 $\times$ 1.5。本地推荐施肥量为:尿素 10 kg/667 m²,磷酸二铵 20 kg/667 m²,硫酸钾 10 kg/667 m²,折合纯 N 8.3 kg/667 m²,P₂O₅ 9.2 kg/667 m²,K₂O 5 kg/667 m²。试验所用肥料为尿素、过磷酸钙、硫酸钾。3 次重复,4 行区,行长 6 m,行距 80 cm,株距 25 cm,整薯播种。

表 1 3414 肥料试验设计及施肥量

试验编号	处理	N		P		K	
		水平	N(kg/667m ²)	水平	P ₂ O ₅ (kg/667m ²)	水平	K ₂ O(kg/667m ²)
T1	N0P0K0	0	0	0	0	0	0
T2	N0P2K2	0	0	2	9.2	2	5
T3	N1P2K2	1	4.15	2	9.2	2	5
T4	N2P0K2	2	8.3	0	0	2	5
T5	N2P1K2	2	8.3	1	4.6	2	5
T6	N2P2K2	2	8.3	2	9.2	2	5
T7	N2P3K2	2	8.3	3	13.8	2	5
T8	N2P2K0	2	8.3	2	9.2	0	0
T9	N2P2K1	2	8.3	2	9.2	1	2.5
T10	N2P2K3	2	8.3	2	9.2	3	7.5
T11	N3P2K2	3	12.45	2	9.2	2	5
T12	N1P1K2	1	4.15	1	4.6	2	5
T13	N1P2K1	1	4.15	2	9.2	1	2.5
T14	N2P1K1	2	8.3	1	4.6	1	2.5

1.3 测定指标及方法

1.3.1 叶片 SPAD 值

利用 SPAD-520 仪法测定。在马铃薯主要生育时期块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期,对每个处理选择长势相近的 30 株,对其倒三叶或倒四叶片进行测定。每片叶片选取 3 点。计算平均值为 SPAD 值。

1.3.2 产量

从块茎形成期开始进行取样测定。每个处理选择 40 株测定单株的块茎产量。并折合成亩产量。

1.4 统计分析

试验数据用 DPS7.05 和 Excel2003 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 马铃薯主要生育时期 SPAD 值与施肥量间的关系

2.1.1 SPAD 值与施氮量间的关系

光合作用对马铃薯营养器官的形成和生长有着关键的促进作用。氮肥可以维持绿叶的同化功能,延长光合作用时间,叶绿素是光合作用获得光

能的载体,SPAD 值的大小间接反映了叶绿素的含量。在马铃薯产量形成的几个主要时期进行了施氮量与 SPAD 值的相关分析,由表 2 可知,各个处理随着生育期的进行,SPAD 值逐渐减小,而施氮量越大其变化幅度越小。同一生育时期,随着施氮量的增加,SPAD 值随之增大,后逐渐趋于平

稳。由回归方程可以看出,SPAD 值与施氮量呈显著正相关性。氮肥对 SPAD 值影响较大,3 个时期的不同施氮处理条件下,SPAD 值变化幅度分别为 3.12、3.46、3.32,说明块茎膨大期的 SPAD 值受氮施用量影响最大。因此通过测定 SPAD 值可以间接预测马铃薯氮营养状态。

表 2 主要生育时期 SPAD 值与不同施氮量间的相关性

施氮量	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期
T2(N0P2K2)	41.55	41.22	41.05
T3(N1P2K2)	44.42	41.47	41.47
T6(N2P2K2)	44.58	44.39	43.28
T11(N3P2K2)	44.67	44.68	44.37
方程式	$Y=0.2368x+42.349$	$Y=0.328x+40.923$	$Y=0.2894x+40.761$
相关系数	0.8234*	0.9314*	0.9756*

注:*为 0.05 水平下检测,下同

2.1.2 SPAD 值与施钾量的关系

由主要生育时期 SPAD 值与不同施钾量的相关性(表 3)可以看出,各个处理随着生育期的后移,SPAD 值随之减小。同一时期随着施钾量的增加,SPAD 值随之增大,由各个方程式可以看出,SPAD

值与施钾量呈线性关系,通过相关分析得到的相关系数可以看出,SPAD 值与施钾量呈显著正相关。在马铃薯块茎发育的 3 个时期中,不同处理钾肥对 SPAD 值的变化影响分别为 0.21、0.97、2.90。其中淀粉积累期 SPAD 值受钾肥影响最大。

表 3 主要生育时期 SPAD 值与不同施钾量间的相关性

施钾量	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期
T8(N2P2K0)	44.52	43.71	43.21
T9(N2P2K1)	44.53	43.84	43.26
T6(N2P2K2)	44.58	44.39	43.28
T10(N2P2K3)	44.73	44.68	46.11
方程式	$Y=0.0273x+44.491$	$Y=0.1378x+43.639$	$Y=0.3477x+42.661$
相关系数	0.8234*	0.9770*	0.7860*

2.1.3 SPAD 值与施磷量的关系

磷素的存在能使植株体内氮素浓度下降,茎叶下降更为明显。而经大量研究表明,叶片含氮量与 SPAD 值呈正相关关系。由马铃薯主要生育时期测得的 SPAD 值与施磷量间的相关分析(表 4)可以看出,各个处理随着生育期的进行,SPAD 值

随之减小。随着施磷量的增加,各个时期的 SPAD 值随之减小,由各个方程式可以看出,SPAD 值与施磷量呈线性关系,通过相关分析得到的相关系数可以看出,SPAD 值与施磷量呈显著负相关。磷肥对 SPAD 值变化的影响分别是 -1.33、-1.06、-2.04。其中淀粉积累期 SPAD 值受磷影响最大。

表 4 主要生育时期 SPAD 值与不同施磷量间的相关性

施磷量	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期
T4(N2P0K2)	45.46	44.53	45.28
T5(N2P1K2)	45.32	44.43	44.36
T6(N2P2K2)	44.58	44.39	43.28
T7(N2P3K2)	44.13	43.74	43.24
方程式	$Y=-0.1027x+45.581$	$Y=-0.0525x+44.639$	$Y=-0.1569x+45.123$
相关系数	-0.9719*	-0.8675*	-0.9522*

2.1.4 SPAD 值与氮钾配比下的关系

氮肥可以维持绿叶的同化功能,延长光合作用的时间。而钾素对碳水化合物的合成和运输起重要的作用,如果叶片缺钾,则叶片积累糖分,合成作用减弱,光合速度下降,由主要的生育时期 SPAD 值与氮钾施量的相关(表 5)可知,随着生育

期的进程,各个处理 SPAD 值随之减小。随着施肥量的变化,马铃薯的 3 个主要生育时期的 SPAD 值也相应地变化,且变化趋势一致,根据回归方程式可知,SPAD 值与氮钾施用量呈线性关系,并且两者之间达到了显著正相关。各个时期的 SPAD 变化值分别为 3.18、3.46、5.06。可以看出,随着生

表 5 SPAD 值与氮钾配比间的相关性

氮钾配比下	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期
T2(N0P2K2)	41.55	41.22	41.05
T3(N1P2K2)	44.42	41.47	41.47
T6(N2P2K2)	44.58	44.39	43.28
T8(N2P2K0)	44.52	43.71	43.21
T9(N2P2K1)	44.53	43.84	43.26
T10(N2P2K3)	44.73	43.59	46.11
T11(N3P2K2)	44.67	44.68	44.37
T12(N1P1K2)	43.24	41.76	44.48
方程式	$Y=0.1915x+41.903$	$Y=0.2542x+40.258$	$Y=0.2928x+40.147$
相关系数	0.7142*	0.7633*	0.7407*

育期的后移,影响逐渐增大。

2.2 马铃薯主要生育时期 SPAD 值与产量间的关系

氮磷钾对马铃薯生长发育有着不同的影响。氮素对块茎形成的时期、数量和大小都有明显的作用,氮肥适量施用可显著促进块茎的膨大速度,特别是在低氮水平的一般田块上,其促进作用更为明显。而在氮肥充足的情况下,钾肥对提高产量

有明显的作用。钾肥可以促进叶片中的碳水化合物向块茎中运输,延迟叶片的衰老进程,增强叶片的光合强度,因而增加马铃薯的产量。磷素对马铃薯营养生长、块茎的形成,以及淀粉的积累都有良好的促进作用,特别可以促进根系的发育,增强植株的抗旱和抗寒能力,从而提高块茎产量。而氮、磷、钾配合施用,增产效果更为明显。由表 6 可以看出,氮磷钾配比整体对 SPAD 值影响不大,各个

表 6 主要生育时期 SPAD 值与相对产量间的相关性

kg/hm²

处理	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期	总产量	相对产量
T1	41.10ab	42.73a	41.22 a	1509.13f	0.60e
T2	41.55 ab	41.22 a	41.05a	1582.73ef	0.63e
T3	44.42 ab	41.47 a	41.47a	2177.43abc	0.87ab
T4	45.46 a	44.53 a	45.28a	1761.20cedf	0.70cde
T5	45.32 ab	44.44 a	44.36a	2083.68abcd	0.83bcd
T6	44.58 ab	44.39 a	43.28a	2304.10bcde	0.92bcd
T7	44.13 ab	43.74 a	43.24a	2150.75abcd	0.86abc
T8	44.52 ab	43.71 a	43.21a	1992.80bcde	0.79bcd
T9	44.53 ab	43.84 a	43.26a	2074.37abcd	0.83abc
T10	44.73 ab	43.59 a	46.11a	2287.44ab	0.91ab
T11	44.67 ab	44.68 a	44.37a	2511.16 a	1.00a
T12	43.24 ab	41.76 a	44.48a	2247.00ab	0.89ab
T13	44.09 ab	43.23 a	44.82a	2192.95abc	0.87ab
T14	44.77 ab	45.28 a	45.44 a	1704.28def	0.68de
相关系数 1	0.4612	0.2216	0.2534		
相关系数 2	0.8450*	0.8480*	0.7586*		

注 相关系数 1 代表 14 个处理 2 代表氮水平的处理

时期 SPAD 值差异不显著,但是 14 个不同处理间的总产量、相对产量差异显著。并且 T11(N3P2K2)高氮处理下的产量最高。说明在磷钾适量的条件下,适当的增施氮肥可以提高产量。在磷钾同一水平下,总产量、相对产量, T2 与 T6、T11 差异显著,与 T3 差异不显著, T3、T6、T11 间差异显著。并且随着施氮量的增加, SPAD 值、产量、相对产量均随之增大。而在氮钾同一水平下,总产量、相对产量 T4、T5、T6、T7 为 4 个不同的磷水平,它们差异不显著。并且随着施磷量的增加, SPAD 值随之减小,而产量和相对产量先增加后减小。在磷氮同一水平下,总产量、相对产量 T6、T8、T9、T10 差异不显著。并且随着施钾量的增加, SPAD 值逐渐增加,产量和相对产量先增大后减小。说明氮对马铃薯的产量影响最大。而在钾水平一定的情况下,总产量、相对产量氮磷配比是 T2 与 T3、T5~T7、T11、T12 差异显著。T11 与 T3、T4 间差异显著。说明氮磷配合比单因素磷对马铃薯产量影响要大。因为氮、磷配合,使磷肥的利用率达到 18%左右,比单施磷提高 8%。在磷水平一定下,氮钾配比 T2 与 T3、T6、T8、T9、T10、T11、T13 差异显著。

由于根据 SPAD 值与产量间关系推荐施肥量会有一定的误差,为了提高准确性,可以利用 SPAD 值与相对产量的相关性来推荐施肥,相对产量是由各个处理与处理中最高产量的比值得出。由表 6 可以看出各个时期的 SPAD 值与相对产量呈一定的正相关性,但是并不显著。而在磷钾水平下,4 个不同氮水平下的 SPAD 值与相应的相对产量呈显著的正相关性。

2.3 马铃薯主要生育时期 SPAD 值与氮肥处理下的各时期产量间的关系

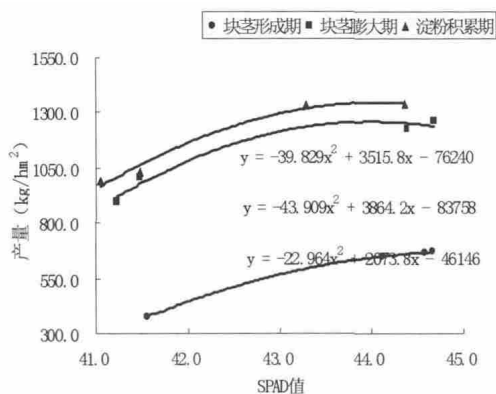


图 1 不同氮水平下主要生育时期 SPAD 值与相应产量间的关系

氮素对马铃薯产量形成的作用是促进茎叶生

长,提高叶面积指数和光合势。本试验得出 SPAD 值与施氮量显著正相关,与刘艳春等^[9]研究结果一致。由图 1 得知,随着生育期的进程,产量逐渐提高, SPAD 值也随之增大,并根据方程拟合分别得出块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期的 SPAD 临界值分别为 45.16、44.00、44.14。即在临界值处理论上块茎产量达到最高,分别为 673.4 kg/hm²、1259.0 kg/hm²、1347.0 kg/hm²。因此在马铃薯主要生育时期测定 SPAD 值可以预测产量。

3 结论与讨论

通过本试验得出, SPAD 值与单因素氮肥、钾肥和氮钾配比下均呈显著地正相关性,与磷肥呈显著地负相关性。三个因素中氮肥对 SPAD 值影响最大。氮磷钾配比整体对 SPAD 值影响不大。各个处理间 SPAD 值差异不显著。并且 SPAD 值与氮磷钾配比下的相应产量不具备相关性。但是却与仅在氮肥影响下的相对产量呈显著的正相关性。这说明 SPAD 值与氮肥的关系更紧密。并且通过本试验研究了施氮量与 SPAD 值,施氮量与产量、相对产量, SPAD 值与产量间的关系。它们都各自呈显著地正相关性。因此更加准确地说明了 SPAD 值可以作为马铃薯氮素营养诊断的指标。并通过 SPAD 值与产量间的方程拟合,得出了马铃薯块茎形成期、块茎膨大期、淀粉积累期的临界值分别为 45.16、44.00、44.14。即在正常的 SPAD 值到临界值之间,马铃薯正常生长,但是测得的值要是高于临界值,说明此时氮肥过量,不需进行追肥处理。并且通过在不同氮肥水平下,根据 SPAD 值与相对产量间的关系,利用 SPAD 值在块茎膨大期预测产量。

叶绿素是光合作用的基础,也是马铃薯产量形成的前提。氮、磷是叶绿素的重要组成成分,叶片中氮磷的多少直接影响叶绿素的合成,钾参与光合产物的运输,间接影响叶绿素含量。而叶绿素与 SPAD 值呈显著地正相关性^[10]。因此理论上 3 个因素配比作用下对 SPAD 值都会有不同的影响。本试验只得出了单因素与 SPAD 之间的相关性,并且所得结果与张静^[11]研究的结果一致。氮磷钾三者互作对 SPAD 值的影响不大,建立最佳的施肥体系,应该是在最佳的氮磷钾配比下,虽然本试验得出了 SPAD 值与氮钾施用量间呈显著的正相关性,但是 SPAD 值与氮钾施用量下的产量、相对产量却没有一定的相关性。因此为了(下转第 38 页)

3 讨 论

本次研究结果表明,沼渣作基肥,沼液浸种,沼液喷施追肥组合能够促进马铃薯植株生长健壮,叶色深绿,薯块大而整齐,可有效提高马铃薯的抗逆性,降低黑胫病、晚疫病等的发生。李裕荣等^[10]在沼液不同浸种时间对马铃薯产量及经济性状的影响中指出,沼液浸种能使马铃薯增产,浸种 5 h 和 7 h 马铃薯增产 11.5 t/hm² 和 12.4 t/hm²,浸种 5 h 的马铃薯大薯率比对照组提高 9%,建议沼液浸种时间在 5~7 h 为宜。刘国胜^[11]报道指出,使用沼渣、沼液能够明显提高马铃薯幼苗生长,延长枯萎期,提高光合效率,改善经济性状,黑胫病和晚疫病病情指数分别降低 1.6 和 10.6 个百分点,增产 1884.2 kg/667 m²,增产高达 37.9%。赵新颖^[12]等使用沼液对马铃薯进行浸种,结果也发现比清水浸种提前 3d 发芽,出苗整齐,生长旺盛,生育期延长。与本次试验报道一致,喷施沼液不仅能够增产,而且可以减少或避免化肥、农药等的使用,又可以减少农业生产投入成本,还可以改善土壤理化性状,促进土壤团粒结构的形成。刘莉等^[13]研究指出,使用 100%浓度的沼液进行喷施追肥效果最好,比对照组产量提高 45.6%,产量达到 2743.7 kg/667 m²,这与本次使用 50%浓度效果最好有一定差异,这可能与沼气池发酵原料及沼气池年龄有关,具体有待于进一步研究。

参考文献:

- [1] 李 轶,吕绪凤,刘庆玉,等.沼肥对设施土壤性质的影响[J].农机化研究,2009(10):140-142.
- [2] 李 强,许明祥,齐治军,等.长期施用化肥对黄土丘陵区坡地土壤物理性质的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):103-109.
- [3] 徐福利,梁银丽,张成娥,等.施肥对日光温室黄瓜生长和土壤生物学特性的影响[J].应用生态学报,2004,15(7):1227-1230.
- [4] 严克华,王志春.沼肥对温室草莓产量和品质的影响[J].江苏农业科学,2009(5):275-276.
- [5] 柴仲平,王雪梅,孙 霞.沼液施用方式对红枣产量与品质的影响[J].北方园艺,2010(14):13-16.
- [6] 张玉凤,董 亮,李 彦,等.沼肥对大豆产量、品质、养分和土壤化学性质的影响[J].水土保持学报,2011,25(4):135-138.
- [7] 谭志敏,廖从清,蒙建帮,等.追施不同浓度沼肥对辣椒生长及产量的影响[J].农技服务,2011,28(8):1147-1148.
- [8] 杨合法,范聚芳,郝晋琨.沼肥对保护地番茄产量、品质和土壤肥力的影响[J].中国农学通报,2006,22(7):369-372.
- [9] 李伟群.不同浓度沼液叶面肥对黄瓜品质及产量的影响[J].北方园艺,2009(12):65-66.
- [10] 李裕荣,肖昌智,曹文才,等.沼液不同浸种时间对马铃薯产量及经济性状的影响[J].贵州农业科学,2006,34(2):51-52.
- [11] 刘国胜.沼渣沼液对马铃薯增产及抗逆性试验研究[J].中国马铃薯,2006,20(5):282-283.
- [12] 赵新颖,黄 泉,高星爱,等.沼肥与化肥配施对马铃薯生长及产量的影响[J].安徽农业科学,2012,40(12):7133-7134.
- [13] 李 莉,苏存录,马秀琴,等.沼液在马铃薯上的应用效果研究[J].内蒙古农业科技,2008(1):50-51.

(上接第 30 页)进一步研究 SPAD 值与三者的关系,可以在今后的试验里多做几个相似的品种,这样可以避免外界条件影响试验结果。

参考文献:

- [1] 谢开云,屈冬玉,金黎平,等.中国马铃薯生产与世界先进国家的比较[J].世界农业,2008(5):41-44,47.
- [2] 康志河,杨国红.加入 WTO 对我国马铃薯产业的影响分析[J].中国马铃薯,2002,16(1):52-53.
- [3] 张宝林,高聚林,刘克礼,等.马铃薯氮素的吸收、积累和分配规律[J].中国马铃薯,2003,17(4):193-198.
- [4] 汪定淮,刘尚义,沈 烈.作物养分平衡与高产栽培:兼论作物栽培科学的现代化[M].北京:北京大学出版社,1994:75-80.
- [5] 严小龙,张福锁.植物营养遗传学[M].北京:中国农业出版社,1997:315-325.
- [6] Gianquinto G, Goffart J P, Olivier M, et al. The use of

hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop [J]. Potato Research, 2004(5): 35-80.

- [7] Uddling J, Gelang-Alfredsson J, Piikki K. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502chlorophyll meter readings [J]. Photosynth Res, 2007(91): 37-46.
- [8] 聂向荣.不同氮肥水平下马铃薯品质变化及氮素营养诊断的研究[D].内蒙古农业大学,2009.
- [9] 刘艳春.应用叶绿素仪对马铃薯氮素营养状况进行动态诊断[D].内蒙古农业大学,2012.
- [10] 苏云松,郭华春,陈伊里.马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素含量及产量的相关性研究[J].西南农业学报,2007(4):690-693.
- [11] 张 静.氮磷钾施用量对马铃薯产量、品质及肥料利用特性的影响[D].内蒙古农业大学,2012.