



不同氮源与镁配施对马铃薯产量、品质及养分吸收的影响

丁玉川¹, 焦晓燕¹, 聂 督¹, 李丽君¹, 黄明镜²

(¹山西省农业科学院农业环境与资源研究所/山西省土壤环境与养分资源重点实验室, 太原 030006;

²山西省农业科学院旱地农业研究中心, 太原 030006)

摘要:为了给马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)高产优质栽培技术提供理论依据,在大田试验条件下,设置硝态氮、铵态氮、硝态氮和铵态氮混合3个氮源,0、75、300 kg/hm²3个硫酸镁施用量,研究不同氮源与镁配合施用对马铃薯产量、品质及养分吸收的影响。结果表明,不同氮源对马铃薯块茎产量没有显著影响,但不同氮源与镁肥配施对马铃薯块茎产量有明显的影响,单施硝态氮与镁肥配合或硝态氮和铵态氮混合与镁肥配合都能提高马铃薯大、中块茎比例。不同氮源与镁配施对马铃薯块茎总淀粉、粗蛋白含量没有显著的影响,全硝态氮或50%硝态氮+50%铵态氮混合与硫酸镁75 kg/hm²配合对马铃薯鲜块茎维生素C含量有明显的影响。不同氮源与镁配施对马铃薯块茎氮、磷、钾和镁养分吸收量有显著的影响。不同氮源对马铃薯块茎氮、磷、钾和镁养分吸收量没有显著影响。除钾吸收量没有受到施镁的影响外,马铃薯块茎中的氮、磷和镁养分吸收量随施镁量增加而相应增加。本研究结果表明,等量硝态氮和铵态氮混合与适量镁肥配合施用可增加马铃薯块茎产量、提高养分吸收、改善品质和提高商品率。

关键词:氮素形态;镁肥;马铃薯;产量;品质;养分吸收

中图分类号:S532,S143.1

文献标志码:A

论文编号:2012-0052

Effects of Combined Application of Different Nitrogen Source and Magnesium Fertilizer on Yield, Quality and Nutrient Uptake of Potato

Ding Yuchuan¹, Jiao Xiaoyan¹, Nie Du¹, Li Lijun¹, Huang Mingjing²

(¹Institute of Agricultural Environment and Sources of Shanxi Academy of Agricultural Sciences

/Key Laboratory of Soil Environment and Nutrient Resources of Shanxi Province, Taiyuan 030006, Shanxi, China;

²Dryland Agriculture Research Center, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, Shanxi, China)

Abstract: In order to provide theoretical basis to potato high yield and high quality cultural techniques, an experiment was conducted to investigate the effects of combined application of different nitrogen source and magnesium fertilizer on yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers under field experimental conditions. The experiment design was the randomized complete block with 3 replications. 3 nitrogen source (sole nitrate, sole ammonium, nitrate and ammonium mixed) and 3 rates of magnesium fertilizer (0, 75, 300 kg/hm²) were employed. The results showed that the different nitrogen forms had not significant influence on the yield of potato tubers, whereas the combined application of different nitrogen source and magnesium fertilizer had significant effects on the yield of potato tubers. Moreover, both sole nitrate (NO₃⁻) supply, and mixed supply of nitrate and ammonium (NH₄⁺) supply with Mg application could enhance the ratio of large and medium tubers of potato. The contents of total starch and crude protein in tubers of potato were not influenced by the combined application of different nitrogen source and magnesium fertilizer. Sole nitrate supply, or mixed supply of 50% nitrate and 50% ammonium, with 75 kg/hm² magnesium application had a significant effect on the content of vitamin C in the fresh tubers of potato. The combined application of different nitrogen source and

基金项目:山西省农业科学院博士基金项目“蔬菜作物氮、镁交互作用效应研究”(YBSJJ0810);山西省留学回国人员科研资助项目“蔬菜作物氮、镁交互作用效应及其机制研究”(2010-116)。

第一作者简介:丁玉川,男,1962年出生,山西河津人,研究员,博士,主要从事植物营养与施肥以及作物高产栽培研究。通信地址:030006 山西省太原市小店区北园街17号 山西省农业科学院农业环境与资源研究所, Tel: 0351-7126726, E-mail: dychuan@163.com。

收稿日期:2012-01-18, **修回日期:**2012-04-12。



magnesium fertilizer had a significant impact on nitrogen, phosphorus and potassium and magnesium uptake by potatoes tubers. The different nitrogen source had not significant effect on the uptake of nitrogen, phosphate, potassium and magnesium of potato tubers. Except for potassium uptake, the uptake of nitrogen, phosphate and magnesium in potato tubers was increased with the rate of magnesium application increase. This study indicated that mixed supply of 50% nitrate and 50% ammonium with appropriate magnesium fertilizer could increase potato tubers yield and nutrient uptake, improve quality and raise commodity rate of potato.

Key words: Nitrogen Form; Magnesium Fertilizer; Potato; Yield; Quality; Nutrient Uptake

0 引言

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是重要的粮、菜、饲兼用作物和工业原料作物。近年来,随着世界市场对马铃薯需求的不断扩大和农业结构调整的逐步深入,特别是随着人们对马铃薯营养价值的逐步认识和城乡人们食品结构的进一步改善,马铃薯的生产越来越受到人们的重视,栽培面积也不断扩大^[1]。目前,中国马铃薯种植面积和产量均居世界第一位。2009年全国马铃薯种植面积为508.3万hm²,产量为7328.2万t,平均单产为14.42 t/hm²^[2]。山西省是全国马铃薯主产区之一,马铃薯是山西省仅次于小麦、玉米、谷子的第四大粮食作物,常年播种面积30万hm²,占到全省粮食种植面积的10%^[3]。近年来,种植马铃薯已成为山西丘陵地区特别是贫困地区农民增收的重要途径。

氮素是作物生长所必需的营养元素之一。作物生长的主要氮源为铵态氮和硝态氮。硝态氮和铵态氮虽然同是植物可吸收利用的氮素形态,但植物对二者的吸收、运输、储藏、同化等方面存在很大差异,这必然会影响到植物的其他生理过程和生长发育^[4]。有关氮素形态对马铃薯产量和品质的影响已有大量报道。陈忠荫等^[4]研究表明,不同氮水平对马铃薯块茎产量有显著的影响,随着氮水平的提高,马铃薯块茎和土壤中的硝酸盐含量均呈上升趋势。马伟等^[5]研究结果表明,铵态氮和硝态氮的比例为3:9时,马铃薯产量最高,植物体内和块茎中的氮素含量在成熟期表现最高。张美琴等^[6]研究了氮素形态与马铃薯品质的关系,认为不同氮素形态对马铃薯产量和块茎内淀粉含量没有显著的影响,发现马铃薯块茎硝酸盐含量从块茎形成期到成熟期呈逐渐降低的趋势。苟久兰等^[7]研究表明,与硝态氮肥相比,铵态氮肥和酰胺态氮肥显著提高了马铃薯产量。同时发现铵态氮肥显著提高了薯块的粗蛋白、Vc含量、植株氮、磷和钾含量,但显著降低了还原糖和淀粉含量。镁对马铃薯产量和经济性状的影响也有报道,如刘林敏等^[8]在浙江省松阳县研究镁肥对马铃薯产量的影响,结果表明施用硫酸镁肥马铃薯块茎

产量增加9.6%;范士杰等^[9]研究结果也表明,马铃薯施用镁肥的增产效果明显,同时提高了大薯、中薯的数量和重量,提高了马铃薯的商品率;王燕宏^[10]研究了叶面喷施硫酸镁对马铃薯生长发育的影响,结果表明叶面喷施适宜浓度的硫酸镁能有效促进马铃薯的生长发育,提高叶片叶绿素含量和光合效率。迄今为止,有关氮素形态与镁配合对马铃薯影响的相关报道甚少。为此,笔者采用田间试验与室内分析相结合,研究不同氮素形态与镁肥配合施用对马铃薯块茎产量、品质及养分吸收的影响,以期马铃薯高产优质栽培技术提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于2011年5月至10月在山西省太原市阳曲县杨兴乡杨兴村进行。试验地为旱地,土壤类型为褐土性土,质地为壤土,前茬作物为芸豆。土壤耕层(0~20 cm)有机质含量为11.1 g/kg、全氮0.71 g/kg、全磷0.65 g/kg、全钾16.3 g/kg、全镁690.1 mg/kg、碱解氮84.1 mg/kg、速效磷5.5 mg/kg、交换性镁115.6 mg/kg。供试作物为马铃薯,品种为‘静石2号’。供试化肥分别为碳酸氢铵(含N 17.2%),磷酸二铵(含N 15%、含P₂O₅ 42%),硝酸磷(含N 26.5%、含P₂O₅ 11.5%),硫酸钾(含K₂O 51%)、硫酸镁(含MgO 12%)。

1.2 试验设计

试验在施用等量农家肥(15000 kg/hm²)的基础上,设3个氮源处理:100%硝态氮(N₁),50%铵态氮+50%硝态氮(N₂)和100%铵态氮(N₃),氮施用量均为180 kg/hm²。3个镁肥处理:不施肥(Mg₀),施硫酸镁75 kg/hm²(Mg₁)和施硫酸镁300 kg/hm²(Mg₂)。共形成9个处理,分别用N₁Mg₀、N₁Mg₁、N₁Mg₂、N₂Mg₀、N₂Mg₁、N₂Mg₂、N₃Mg₀、N₃Mg₁、N₃Mg₂表示。试验采用随机区组排列方法,每个处理3次重复,小区面积为5 m×6 m=30 m²。除氮和镁肥外,磷、钾肥施用量均为90 kg/hm²。马铃薯采用犁开沟播种,行距为50 cm,株距为30 cm,种植密度为66700株/hm²。试验于2011年5月12日播种,2011年10月1日收获。各处理施肥均,作底肥一次施入。

1.3 测定项目及方法

土壤有机质、全氮、全磷、全钾、全镁、碱解氮、速效磷、有效钾、交换性镁含量以及植株氮、磷、钾含量均采用常规方法进行分析^[11]。马铃薯的块茎产量以小区实际收获产量折算成每公顷产量。马铃薯鲜块茎维生素C含量采用2,6-二氯酚滴定法^[12]测定,粗蛋白用凯氏定氮法测氮乘以系数6.25,总淀粉含量采用GB/T 5009.9—2008国标法测定。

1.4 数据分析

试验数据采用Microsoft Excel 2003和SAS 9.0软件进行统计分析。各处理之间的差异显著性用Fisher's LSD检验。

2 结果与分析

2.1 不同氮源与镁配施对马铃薯块茎产量的影响

从表1可以看出,不同形态氮与镁肥配合施用对马铃薯块茎产量具有明显的影响。在单施硝态氮条件下,适当施用镁肥就能显著增加马铃薯块茎产量,而进一步增加镁肥施用量对产量影响不显著。硝态氮和铵态氮混合与镁肥配施效果和单施硝态氮的效果基本一

致。而在单施铵态氮条件下,施用低量镁肥对马铃薯块茎产量没有显著影响,但是施用高量镁肥时马铃薯块茎产量显著增加。

从不同氮素形态对马铃薯块茎产量的影响来看,尽管单施硝态氮处理马铃薯块茎产量分别高于单施铵态氮处理和施用硝态氮和铵态氮混合处理,但是3个处理间的马铃薯块茎产量差异没有达到显著水平,这表明施用不同形态氮素对马铃薯块茎产量没有显著的影响。方差分析结果也表明,不同氮素形态对马铃薯块茎产量没有显著影响,而施用镁肥以及氮形态与镁肥相互作用对马铃薯块茎产量均有显著的影响(表1)。

从马铃薯商品率角度分析,单施硝态氮与镁肥配合或硝态氮和铵态氮混合与镁肥配合都能提高马铃薯商品率,与此相反,施用铵态氮与镁肥配合大中马铃薯块茎比率随镁肥施用量增加而下降(表1)。这可能与铵态氮和 Mg^{2+} 之间存在拮抗作用有密切关系。

2.2 不同氮源与镁配施对马铃薯品质的影响

表2结果表明,不同氮源与镁配合对马铃薯块茎总淀粉含量和粗蛋白含量没有显著的影响。全铵施用

表1 不同氮源与镁配施对马铃薯块茎鲜重产量的影响

处理	块茎产量/(kg/hm ²)	大、中块茎		小块茎	
		产量/(kg/hm ²)	产量所占比例/%	产量/(kg/hm ²)	产量所占比例/%
N ₁ Mg ₀	13383.3bc	7944.4	59.4	5438.9	40.6
N ₁ Mg ₁	15277.8a	9961.1	65.2	5316.7	34.8
N ₁ Mg ₂	14022.2ab	9533.3	68.0	4488.9	32.0
N ₂ Mg ₀	12038.9c	6966.7	57.9	5072.2	42.1
N ₂ Mg ₁	15155.6a	10327.8	68.1	4827.8	31.9
N ₂ Mg ₂	15338.9a	9838.9	64.1	5500.0	35.9
N ₃ Mg ₀	12994.4bc	8922.2	68.7	4072.2	31.3
N ₃ Mg ₁	13200.0bc	8250.0	62.5	4950.0	37.5
N ₃ Mg ₂	15222.2a	9350.0	61.4	5872.2	38.6

注:表中平均值后的不同小字母表示差异达到了 $P<0.05$ 显著水平。下同。

表2 氮素形态与镁配施对马铃薯块茎品质的影响

处理	总淀粉/%	粗蛋白/%	维生素C/(mg/100 g鲜薯)
N ₁ Mg ₀	70.35	9.46	16.60c
N ₁ Mg ₁	71.10	9.68	27.05a
N ₁ Mg ₂	72.70	9.98	19.25b
N ₂ Mg ₀	69.45	9.24	18.26bc
N ₂ Mg ₁	68.69	9.91	26.79a
N ₂ Mg ₂	71.93	10.08	18.53bc
N ₃ Mg ₀	72.51	9.81	19.45b
N ₃ Mg ₁	74.58	10.08	20.71b
N ₃ Mg ₂	75.01	10.98	20.71b

条件下马铃薯块茎总淀粉含量和粗蛋白含量分别高于全硝和铵硝混合。施用镁肥后,马铃薯块茎总淀粉含量和粗蛋白含量均表现出增长的趋势,但是增长不显著。维生素C含量是马铃薯营养品质指标之一,不同氮源与镁肥配合施用对马铃薯维生素C含量有明显的影响,特别是全硝与中量镁配合以及铵硝混合与中量镁配合处理的含量明显高于其他处理。不同氮源对维生素C含量有明显的影响,施用全铵的维生素C含量明显高于全硝处理。在全硝施用条件下,施用镁肥明显提高了马铃薯块茎维生素C含量,其中施用中量镁肥效果较好。在铵硝混合施用条件下,只有施用中量



镁肥时维生素C含量显著提高。在全铵施用条件下,施用镁肥对马铃薯块茎维生素C含量没有显著影响。

2.3 不同氮源与镁配施对马铃薯养分含量的影响

从表3中可以看出,不同氮源与镁配合施用对马铃薯块茎(干基)氮、磷、钾和镁养分含量略有影响,统计分析显示不同处理间差异没有达到显著水平。

2.4 不同氮源与镁配施对马铃薯养分吸收量的影响

从表4可以看出,不同氮源与镁配合施用对马铃薯块茎氮、磷、钾和镁营养吸收量具有明显的影响。不同氮源对马铃薯块茎氮的吸收量没有显著影响,而施用镁肥对氮吸收量有明显的影响。统计分析表明,不同氮源与镁肥交互作用对氮的吸收量有显著的影响。不同氮源对马铃薯块茎磷的吸收量也没有显著影响,施用镁肥处理比不施用镁肥处理的磷吸收量明显提高,在全硝或铵硝混合施用条件下,中镁和高镁施用量对磷吸收量没有明显影响,在全铵施用条件下,施用量高镁肥时磷的吸收量明显增加。不同氮源和镁肥施用对马铃薯块茎钾吸收量都没有明显影响,只有全硝与中量镁配合和全铵与高量镁配合对马铃薯块茎钾吸收量显著高于铵硝混合处理,其他处理之间都没有明显

差异。不同氮源对马铃薯块茎镁吸收量没有显著影响,而施镁肥对马铃薯块茎镁吸收量具有明显的影响。在铵硝混合和全铵施用条件下,随着镁肥用量增加马铃薯块茎镁吸收量也随着显著增加,但是,在全硝施用情况下,中量和高量镁肥施用对镁吸收量没有显著差异。

3 结论与讨论

氮素是植物最重要、吸收量最多的必要营养元素。氮肥在农业生产中起着非常重要的作用。氮肥种类、氮肥用量、氮肥形态和施肥方式等都影响作物对氮素的吸收^[13]。铵态氮和硝态氮是植物直接吸收的2种主要氮源。以硝态氮为氮源时,蔬菜的硝酸盐含量提高,而施用硝铵态氮或铵态氮可以降低蔬菜硝酸盐含量,但降低的程度因蔬菜种类和生长条件不同存在一定的差异^[14]。当铵态氮作为唯一氮源时,蔬菜的硝酸盐含量下降,但是由于 NH_4^+ 与 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 间存在拮抗作用,从而显著的降低了蔬菜作物对钾、钙和镁的吸收,表现出生物量降低、光合速率下降、根系生长受阻^[15]。镁是作物生长发育所必需的营养元素之一,以多种方式参与植物体内各种生理生化过程,对促进植物的生

表3 不同氮源与镁配施对马铃薯养分含量的影响

g/kg

处理	氮含量	磷含量	钾含量	镁含量
N_1Mg_0	15.13	1.79	15.75	0.72
N_1Mg_1	15.96	2.12	15.36	0.82
N_1Mg_2	17.56	2.59	16.70	0.99
N_2Mg_0	15.86	1.97	15.49	0.79
N_2Mg_1	16.12	2.16	14.06	0.80
N_2Mg_2	16.78	2.11	13.48	0.95
N_3Mg_0	16.13	1.94	16.94	0.67
N_3Mg_1	15.69	2.12	16.39	0.79
N_3Mg_2	17.48	2.42	15.68	0.90

表4 氮素形态与镁配施对马铃薯养分吸收量的影响

kg/hm²

处理	氮吸收量	磷吸收量	钾吸收量	镁吸收量
N_1Mg_0	38.99e	4.60e	40.86ab	1.86d
N_1Mg_1	53.94ab	7.19ab	52.1a	2.76abc
N_1Mg_2	49.62abc	7.33ab	47.23ab	2.85ab
N_2Mg_0	37.99e	4.71de	36.97b	1.86d
N_2Mg_1	47.94bcd	6.42abcd	42.00ab	2.38bcd
N_2Mg_2	54.88ab	6.90abc	43.97ab	3.10a
N_3Mg_0	42.72cde	5.13cde	43.14ab	1.78d
N_3Mg_1	42.17de	5.57bcde	43.38ab	2.10cd
N_3Mg_2	57.37a	7.89a	50.77a	2.93ab

长发育和新陈代谢起着重要的作用。镁与硝态氮存在协同作用,而与铵态氮存在拮抗作用^[16]。本研究利用氮、镁相互作用特性,在蔬菜生产中增加镁肥和铵态氮肥的施用比例,减少硝态氮肥的施用,达到增加蔬菜产量、降低硝酸盐积累的目的,具有一定的理论价值和应用价值。

试验结果表明,施用硝态氮 180 kg/hm²与硫酸镁 75 kg/hm²配合、铵态氮 180 kg/hm²与硫酸镁 300 kg/hm²配合、硝态氮 90 kg/hm²+铵态氮 90 kg/hm²与硫酸镁 75 kg/hm²或硫酸镁 300 kg/hm²配合均达到显著增产效果,说明不同氮源与镁肥配施对马铃薯块茎产量有明显的影响。不同氮源对马铃薯块茎产量没有显著影响,与张美琴等^[5]研究结果相一致。

不同氮源与镁配施对马铃薯块茎总淀粉、粗蛋白含量没有显著的影响,与张美琴等^[5]研究结果相一致。全铵处理高于其他氮源处理,表明施铵态氮能增加马铃薯块茎总淀粉积累量,这与相关研究结果相一致^[7,17]。随着施镁量增加马铃薯块茎总淀粉、粗蛋白含量有增加趋势。全硝或 50%硝+50%铵与硫酸镁 75 kg/hm²配施对马铃薯鲜块茎维生素 C 含量有明显的影响。不同氮源对维生素 C 含量影响明显,施用全铵的维生素 C 含量与铵硝混合处理差异不明显,但明显高于全硝处理,说明铵态氮比例高有利于马铃薯块茎维生素 C 含量的提高^[13]。

不同氮源与镁配施对马铃薯块茎氮、磷、钾和镁养分含量有一定的影响,但影响程度没有达到显著水平,这可能与马铃薯块茎稀释效应有关。不同氮源与镁配施对马铃薯块茎养分吸收量有显著的影响。马铃薯块茎中的氮、磷和镁养分吸收量随施镁量增加而相应增加,表明镁的施用促进了马铃薯块茎氮和磷的吸收,这可能和镁与硝态氮以及镁与磷的协同作用有关^[16]。随着镁肥用量的增加,钾的吸收量有增加的趋势,但增加不显著,这与钾、镁之间的相互作用有密切关系,在低浓度条件下,钾、镁营养之间表现出协同作用,两者相互促进吸收,而在高浓度条件下,钾、镁营养之间表现出拮抗作用,特别是钾的浓度较高时,钾明显抑制镁的吸收,而高镁浓度对钾的吸收影响相对较小^[18]。

马铃薯是一种易于富集硝酸盐的根茎类蔬菜,大量施用硝态氮肥会导致硝酸盐的过量累积,对人体健康存在潜在威胁^[4]。有关不同氮源与镁配施对马铃薯鲜块茎硝态氮含量以及对土壤硝态氮和铵态氮含量的影响本研究没有进行测定分析,有待进一步研究。另

外,不同氮源与镁配合施用对马铃薯生长发育相关的生理效应及其氮、镁互作机理仍不清楚,还需在生理生化水平上甚至在分子生物学水平上进行深入研究。

本研究在大田条件下对不同氮源与镁配合施用对马铃薯产量、品质和养分吸收的影响进行了研究,结果表明等量硝态氮和铵态氮混合与适量镁肥配合施用可增加马铃薯块茎产量、提高养分吸收、改善品质和提高商品率,这对马铃薯高产优质生产有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 宋志荣.不同氮钾比例对马铃薯产量和品质的影响[J].中国马铃薯,2009,23(3):155-157.
- [2] 贾晶霞,杨德秋,李建东,等.中国与世界马铃薯生产概况对比分析与研究[J].农业工程,2011,1(2):84-86.
- [3] 姬青云.山西省马铃薯产业发展现状[J].农业技术装备,2007(7):26-27,29.
- [4] 陈忠荫,周娜娜.不同氮水平对马铃薯块茎和土壤 NO₃-N 含量的影响[J].安徽农业科学,2008,36(16):6857-6871.
- [5] 张美琴,马建华,樊明寿.氮素形态与马铃薯品质的关系[J].中国马铃薯,2008,22(6):321-324.
- [6] 张伟,高世铭,王亚宏,等.不同形态氮素比对马铃薯氮素分布、光合参数及产量的影响[J].甘肃农业大学学报,2009,44(6):39-43.
- [7] 苟久兰,孙锐锋,何佳芳,等.种植模式和氮肥形态对威芋 3 号马铃薯产量及品质的影响[J].中国马铃薯,2011,25(1):36-41.
- [8] 刘林敏,徐火忠,宁建美,等.镁对马铃薯产量和经济性状的影响[J].中国马铃薯,2005,19(1):28-29.
- [9] 范士杰,雷尊国,吴文平.镁、锌、硼元素对马铃薯费乌瑞它产量的影响[J].种子,2008,27(10):104-105.
- [10] 王燕宏.硫酸镁对马铃薯生长发育及淀粉合成积累作用效应的研究[D].哈尔滨:黑龙江八一农垦大学,2010:1-46.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析(第 3 版)[M].北京:中国农业出版社,2000:30-177.
- [12] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:246-249.
- [13] 邹碧莹,张云翼.氮肥对蔬菜产量和品质的影响研究进展[J].现代农业科技,2008,18:116-117,119.
- [14] 王强,姜丽娜,符建荣,等.氮素形态、用量及施用时间对小青菜产量和硝酸盐含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):126-131.
- [15] Raab T K, Terry N. Carbon,nitrogen,and nutrient interactions in *Beta vulgaris* L.As influenced by nitrogen source NO₃⁻ versus NH₄⁺ [J].Plant Physiology,1995(107):575-584.
- [16] 陈举鸣,林齐民.作物的镁营养与施肥[J].国外农学-土壤肥料,1984(1):6-10.
- [17] 吴金芝,李友军,黄明,等.不同形态氮素对弱筋小麦籽粒淀粉积累及其相关酶活性的影响[J].麦类作物学报,2008,28(1):118-123.
- [18] 丁玉川,罗伟,徐国华.镁、钾相互作用对水稻生长、养分吸收及有关生理特性的影响[J].中国生态农业学报,2008,16(2):340-344.