

DOI:10.11937/bfyy.201520011

施肥水平对温室黄瓜养分吸收分布的影响

李明¹, 崔世茂², 王怀栋¹, 葛茂悦¹

(1. 内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109; 2. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010018)

摘要:以温室内黄瓜为试材,以试验区周边农户常规化肥施用量为对照,以化肥施用量依次递减 1/3 的 4 个不同施肥量为处理,在结果期通过测定养分及土壤有机质、微生物和酶活性变化,分析养分吸收利用状况及其内在影响因素。结果表明:一定范围内减少化肥用量可提高黄瓜根际土壤酶活性和微生物数量,显著增加果实 P 和 K 含量;当 N、P₂O₅ 和 K₂O 施用量分别为 68、30、90 kg/hm² 时,可显著提高根际土壤细菌数 50.41%、固氮菌数 24.07%、放线菌数 25.50%、纤维分解细菌数 23.22%、过氧化氢酶活性 13.64%、脲酶活性 14.08%、蔗糖酶活性 30.12%。影响设施黄瓜养分吸收利用的主要因素为土壤和根茎部速效养分含量、土壤放线菌和固氮菌数量及过氧化氢酶活性和有机质含量。

关键词:施肥水平;土壤养分;吸收;分布;温室黄瓜

中图分类号:S 642.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)20-0046-05

黄瓜根系对土壤养分需求较为严格和敏感,设施生产中为了产生更高的价值往往过量使用化肥,导致土壤盐分积累、品质恶化等系列的环境问题伴随而生^[1-2]。肥料施用对于黄瓜生长发育有显著的影响,但过量施用会起到相反作用^[3],日光温室内化肥过量施用及其特定

的环境特点是土壤盐分累积的主要因素^[4],设施蔬菜优质高产的重要措施是进行科学的水肥管理和保持良好的土壤环境^[1,5-6]。目前,国内许多设施施肥研究多针对土壤盐分、土壤养分、微生物区系、土壤酶活性变化、黄瓜产量变化等方面的研究上,而对设施土壤养分与黄瓜植株各部位养分吸收分布关系方面研究较少^[7-8]。现重点探讨不同施肥水平对温室黄瓜养分吸收利用及根际土壤微生物和酶活性等相关因素影响,以期对北方地区设施生产中合理调控水肥、实现设施黄瓜优质高产提供理论依据。

第一作者简介:李明(1975-),男,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事设施蔬菜生理与环境调控等研究工作。E-mail:liming19750811@163.com。

基金项目:内蒙古科技厅应用技术研究资助项目(20120804, 20130209)。

收稿日期:2015-05-19

Abstract: Under plastic tunnel, using 'Jersey knight' *Asparagus officinalis* L. seeds as material, the effect of yield and nutrient quality of *Asparagus officinalis* L. spear with different fertilizer combination application according the '3414' experiment design were studied. The results showed that with the increase of nitrogen fertilizer used, the yield showed a trend of slow increase; and with the increment of potassium fertilizer application, the yield was reduced after the first increased trend. There was no significant interaction effect between nitrogen and potassium. *Asparagus officinalis* L. production was more sensitive to potassium fertilizer, which had the negative effect on *Asparagus officinalis* L. yield during the potassium reached certain amounts. The N1P2K1 treatment (Treatment 9) had the highest yield and best appearance quality than any other treatments. And N2P2K2 treatment (Treatment 6) showed the lowest crude fiber content and high content of rutin and saponin, which had the highest nutritional quality and the best taste rutin and ginsenoside content were 0.65 mg/g and 26.23 mg/g. After regression analysis by fertilizer model, the suitable fertilization combination could be calculated as following, nitrogen fertilizer for 33.98 kg urea, 26.67 kg calcium superphosphate and 28.78 kg potassium sulphate per 667 m².

Keywords: plastic tunnel; *Asparagus officinalis* L.; nitrogen fertilizer; potassium fertilizer; yield and quality; regression analysis

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用日光温室东西长 50 m, 南北跨度 7 m, 以黄瓜品种“津春改良 2 号”为试验材料。试验种植土壤为沙壤土, 容重为 1.22 g/cm³, 有机质含量 42.60 g/kg、全氮含量 1.39 g/kg、全磷含量 1.43 g/kg、全钾含量 13.67 g/kg、碱解氮含量 140.34 mg/kg、速效磷含量 155.44 mg/kg 及速效钾含量 57.57 mg/kg。

1.2 试验方法

试验于 2013 年 3—7 月在内蒙古农业大学职业技术学院的科技园区试验基地进行, 3 月 5 日在日光温室中育苗, 4 月 10 日定植, 大小行栽培, 小行行距 40 cm, 大行行距 70 cm, 定植密度为 42 000 株/hm², 地表覆盖 3 cm 厚秸秆后再覆地膜, 以周边地区农户常规施肥量为 CK, N、P₂O₅、K₂O 施用量分别为 135、60、180 kg/hm², 不同处理依次递减 1/3, 处理 1 为 90、40、120 kg/hm²; 处理 2 为 68、30、90 kg/hm²; 处理 3 为 45、20、60 kg/hm²; 处理 4 为 33、15、44.5 kg/hm², N、P₂O₅ 和 K₂O 肥分别为尿素(含 N 46%)、磷酸二铵(含 P₂O₅ 50%, 含 N₂O 18%)和硫酸钾(含 K₂O 50%)。磷酸二铵全部基施, 尿素在苗期、初花期、结果前期和盛果期 4 次追施, 硫酸钾 30% 基施, 70% 和尿素同时追施, 每种处理重复 3 个小区, 每小区 7.0 m², 随机区组排列, 小区边界土壤 0~30 cm 深度用塑料膜隔开, 膜下滴灌灌溉, 进行日常温室黄瓜生产管理。在结果盛期, 测定植株根、茎和果实氮、磷、钾含量, 测定根际和非根际土壤有机质和速效氮、磷、钾含量, 测定根际土壤细菌、纤维分解菌(细菌)、固氮菌、放线菌、真菌数量及过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性。

1.3 项目测定

根茎部和果实的全氮含量测定采用奈氏比色法, 全磷含量测定采用钒钼黄比色法, 全钾含量测定采用火焰分光光度法; 土壤有机质含量测定采用重铬酸钾外加热法, 速效氮含量测定采用碱解-扩散法, 速效磷含量测定采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法, 速效钾含量测定采用乙酸铵浸提-火焰光度计法^[9]; 细菌数用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基平板计数法, 纤维分解菌(细菌)数用 CMC-Na 琼脂培养基平板计数法, 固氮菌数用 Ashby 无氮琼脂培养基平板计数法, 放线菌数用高氏 1 号培养基平板计数法, 真菌数用马丁氏培养基平板计数法^[10]; 土壤的过氧化氢酶活性测定采用高锰酸钾滴定法, 脲酶活性测定采用奈氏比色法, 蔗糖酶活性测定采用 3,5-二硝基水杨酸比色法^[11]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 整理, 采用 SPSS 19.0 软

件进行单因素方差分析、差异显著性检验、相关性分析和主成分分析, 所得结果均为 4 次平均值±标准差。

2 结果与分析

2.1 不同处理对黄瓜结果盛期土壤、植株和果实养分分布的影响

2.1.1 不同处理对黄瓜结果盛期各部位氮含量的影响

从图 1 可以看出, 对于对照和各处理黄瓜, 氮含量表现为果实高于茎部和根部, 植株远高于土壤, 根际土壤高于非根际土壤; 果实氮含量处理 1 高于对照但差异不显著, 其它处理则显著低于对照, 从处理 1 到处理 4 呈现含量下降的趋势; 除处理 3 的根部氮含量显著低于对照外, 其它处理根部和茎部氮含量均与对照差异不显著; 根际土壤氮含量各处理均低于对照, 与对照相比, 处理 1 差异不显著而处理 2、3、4 差异显著, 且呈依次降低趋势; 非根际土壤氮含量均显著低于对照, 从处理 1 到处理 4 含量依次降低。

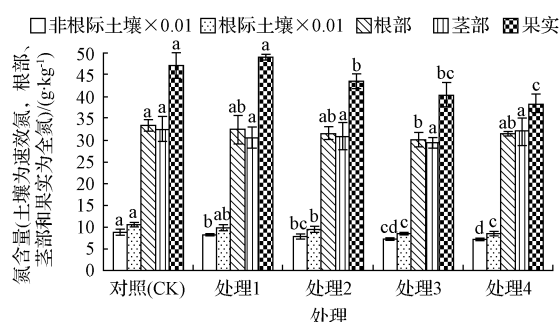


图 1 不同处理对氮含量吸收分布的影响

2.1.2 不同处理对黄瓜结果盛期磷含量吸收分布的影响

由图 2 可知, 对于磷含量, 对照和各处理从高到低顺序为果实>根部>茎部>土壤; 果实磷含量各处理均高于对照, 与对照相比, 处理 1、2 和 3 差异显著而处理 4 差异不显著, 处理 1、2、3、4 分别提高 19.59%、12.62%、12.25% 和 6.38%; 茎部磷含量各处理均高于对照, 与对照相比, 处理 2 和 4 差异显著, 处理 1 和 3 差异不显著; 根部磷含量处理 1 和 2 高于对照而处理 3 和 4 低于对

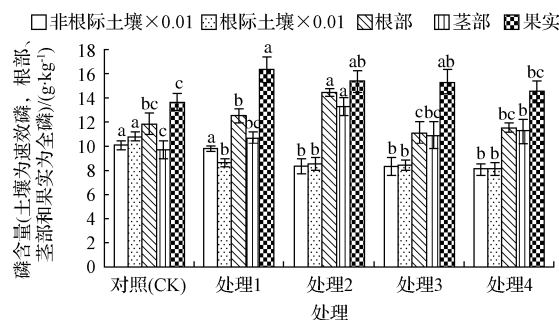


图 2 不同处理对磷含量吸收分布的影响

照,与对照相比,处理2和3差异显著;根际土壤磷含量各处理均显著低于对照,从对照、处理1至处理4呈现依次降低趋势;非根际土壤磷含量均低于对照,且含量为处理1>处理2>处理3>处理4,与对照相比,处理1差异不显著而处理2、3、4差异显著。

2.1.3 不同处理对黄瓜结果盛期钾含量吸收分布的影响 从图3可以看出,对于钾含量,对照和各处理从高到低顺序为果实>茎部>根部>土壤;果实钾含量处理1和2显著高于对照而处理3和4则显著低于对照;茎部钾含量各处理均高于对照,与对照相比,处理1和2差异显著而处理3和4差异不显著;根部钾含量处理1与对照差异不显著而处理2、3和4均显著高于对照,处理2、3和4呈逐渐降低趋势;根际土壤钾含量各处理均显著低于对照;非根际土壤钾含量处理1、2和3与对照差异不显著而处理4则显著低于对照。

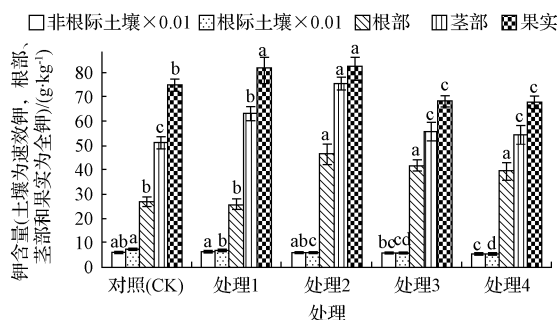


图3 不同处理对钾含量吸收分布的影响

2.2 不同处理对黄瓜结果盛期土壤有机质含量吸收分布的影响

由图4可知,对于根际土壤有机质含量,处理1、2和3高于对照而处理4低于对照,各处理与对照差异不显著;各处理的非根际土壤有机质含量均高于对照,与对照相比,处理2差异显著而其它处理差异不显著。

2.3 不同处理对黄瓜结果盛期根际土壤微生物的影响

图5表明,对于根际土壤细菌数量,处理1、2和3均高于对照而处理4低于对照,与对照相比,处理2和3差异显著而处理1和4差异不显著,处理1、2和3分别高出对照1.86%、50.41%和18.11%;对于根际固氮菌数

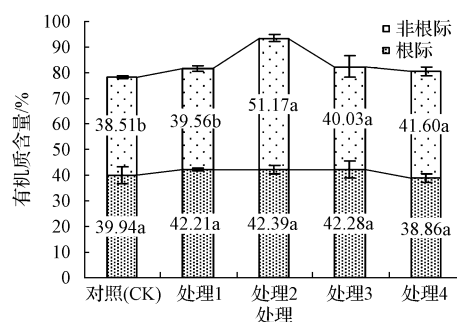


图4 不同处理对有机质含量吸收分布的影响

量,各处理均高于对照,其中处理2与对照差异显著而其它处理不显著,处理1、2、3、4分别较对照提高5.75%、24.07%、7.17%和0.04%;对于根际放线菌数量,处理1和2显著高于对照而处理3和4不显著低于对照,处理1和2分别较对照提高17.51%和25.50%;对于纤维分解菌数量,各处理均显著高于对照,处理1、2、3和4分别较对照高出51.80%、23.22%、60.71%和65.30%;真菌各处理均显著低于对照。

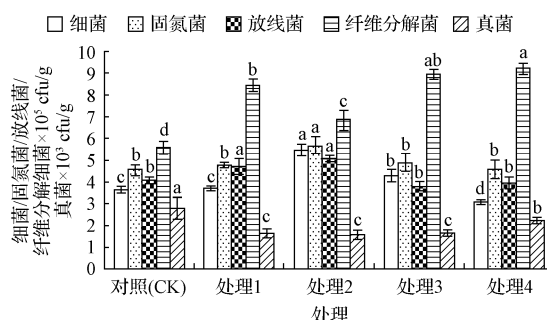


图5 不同处理对根际土壤微生物数量的影响

2.4 不同处理对黄瓜结果盛期根际土壤酶活性的影响

从表1可以看出,根际土壤脲酶活性各处理均高于对照,与对照相比,处理1、2和3差异显著,处理4差异不显著,处理1、2、3和4分别较对照高出11.97%、14.08%、9.15%和5.63%;根际土壤过氧化氢酶活性处理1、2和3显著高于对照,处理4低于对照且差异不显著,处理1、2和3分别较对照提高7.58%、13.64%和13.64%;根际蔗糖酶活性各处理均显著高于对照,处理1、2、3、4分别较对照高出20.85%、30.12%、19.27%和16.99%。

表1

不同处理对根际土壤酶活性的影响

处理	脲酶活性/(NH ₃ -N mg·g ⁻¹)	蔗糖酶活性/(mg·g ⁻¹ ·(24h) ⁻¹)	过氧化氢酶活性/(0.1 mol·L ⁻¹ KMnO ₄ mL·g ⁻¹ ·(20min) ⁻¹)
对照(CK)	1.42±0.088b	36.02±1.78b	0.66±0.008b
处理1	1.59±0.090a	43.53±2.90a	0.71±0.014a
处理2	1.62±0.040a	46.87±1.24a	0.75±0.010a
处理3	1.55±0.021a	42.96±1.90a	0.75±0.065a
处理4	1.50±0.076ab	42.14±1.66a	0.65±0.033b

2.5 相关性分析和因子分析

从表 2 的相关性分析可知,根部磷含量与土壤放线菌数量和固氮菌数量、茎部磷含量与土壤固氮菌数量和蔗糖酶活性、果实磷含量与土壤脲酶活性、果实钾含量与土壤放线菌数量、土壤有机质含量与土壤过氧化氢酶活性、土壤细菌数量与固氮菌数量、土壤脲酶活性与蔗糖酶活性之间均呈显著正相关关系,而土壤真菌数量与土壤脲酶和蔗糖酶活性之间均呈显著负相关关系。表明根际土壤放线菌数量增多可促进植株根部磷和果实钾元素的吸收,固氮菌数量增多可促进植株茎部磷元素的吸收,土壤脲酶活性的提高可促进果实磷元素吸收,土壤有机质含量和过氧化氢酶活性相互促进,而土壤中脲酶和蔗糖酶活性提高可抑制真菌的生长。

表 2 数据间相关性分析

相关指标	土壤放线菌数量	土壤固氮菌数量	土壤过氧化氢酶活性	土壤蔗糖酶活性	土壤脲酶活性
根部磷含量	0.934 *	0.867 *	0.519	0.639	0.601
茎部磷含量	0.653	0.892 *	0.582	0.872 *	0.749
果实磷含量	0.575	0.460	0.655	0.777	0.886 *
果实钾含量	0.945 *	0.008	0.012	-0.072	0.182
土壤有机质含量	0.583	0.691	0.938 *	0.609	0.782
土壤细菌数量	0.649	0.960 *	0.844	0.631	0.641
土壤真菌数量	-0.514	-0.686	-0.844	-0.922 *	-0.961 *
土壤脲酶活性	0.708	0.766	0.788	0.958 *	1.000

注: * 表示在 0.01 水平上显著相关; * 表示在 0.05 水平上显著相关。

将试验中养分含量、土壤微生物数量、酶活性等指标进行降维,抽取主成分,进行最大方差法因子分析旋转,得到方差累计贡献率和成分得分系数矩阵,从表 3、4 可以看出,前 3 个成分的累计贡献率达 93.942%,经旋转平方和载入也达到 86.392%,包括原始数据大部分变异信息,可作为主成分起到降低变量数量且保留绝大部分原始信息目的,其中,第一主分综合了 36.056%原始变异信息,主要代表土壤速效氮、磷、钾含量信息;第二主分综合了 30.820%原始变异信息,主要代表根和茎部磷、钾含量及土壤放线菌、固氮菌数量信息;第三主分综合了 19.516%原始变异信息,主要代表土壤过氧化氢酶活性和有机质含量信息。

表 3 方差累计贡献率

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差 / %	累积 / %	合计	方差 / %	累积 / %	合计	方差 / %	累积 / %
1	11.397	47.487	47.487	11.397	47.487	47.487	8.653	36.056	36.056
2	8.421	35.085	82.572	8.421	35.085	82.572	7.397	30.820	66.876
3	2.729	11.370	93.942	2.729	11.370	93.942	4.684	19.516	86.392

表 4 成分得分系数矩阵

相关指标	成分			相关指标	成分		
	1	2	3		1	2	3
根际土壤氮	0.871	0.074	-0.130	根部钾	-0.828	0.471	0.263
非根际土壤氮	0.925	0.219	-0.099	茎部钾	0.028	0.946	0.265
根部氮	0.824	0.024	-0.522	果实钾	0.667	0.725	0.102
茎部氮	0.243	-0.031	-0.902	有机质	0.224	0.392	0.872
果实氮	0.990	0.109	0.066	细菌	-0.066	0.762	0.579
根际土壤磷	0.958	-0.248	-0.116	放线菌	0.391	0.881	0.121
非根际土壤磷	0.663	-0.249	-0.198	固氮菌	-0.111	0.889	0.438
根部磷	0.190	0.981	0.031	纤维分解菌	-0.582	-0.279	0.148
茎部磷	-0.432	0.886	0.146	真菌	0.241	-0.454	-0.666
果实磷	0.099	0.314	0.533	脲酶	-0.127	0.657	0.512
根际土壤钾	0.941	0.188	0.275	蔗糖酶	-0.380	0.686	0.382
非根际土壤钾	0.962	-0.106	-0.068	过氧化氢酶	-0.103	0.429	0.895

注:主成分提取采用旋转法,具有 Kaiser 标准化的正交旋转法,旋转在 7 次迭代后收敛。

3 讨论与结论

设施黄瓜生产中,过量施氮肥会降低氮肥利用率^[1],并且易形成土壤盐类障碍抑制黄瓜磷的吸收,而土壤磷素过剩时氮吸收受抑^[12]。大棚肥水过剩条件下黄瓜产量和品质呈下降趋势,春季栽培中最佳施肥量为 1 hm² 施干牛粪 58 500 kg、N 487.84 kg、P₂O₅ 305.47 kg、K₂O 318.02 kg^[2]。该试验中一定范围内适当减少化肥施用量并不减少土壤和黄瓜植株、果实的养分含量,反而会适当增加果实磷和钾含量,这与前人研究结果相符。试验中对照及处理化肥用量与前人相比较小是由于试验区积温较低、土壤本身养分含量高、周边农户生产黄瓜施肥量和产量相对较低等原因所致。

土壤中酶可参与腐殖质合成、分解及营养物质的转化等,能综合表现土壤的生物活性^[13-14]。土壤中的多数养分与生物因子呈显著正相关关系,脲酶是促进有机质积累的主要因素之一,蔗糖酶能够影响速效养分形成,而过氧化氢酶对有机质和速效养分形成起一定作用^[13],设施黄瓜土壤中蔗糖酶活性与速效磷、全磷含量存在相关性^[15]。该试验中,土壤脲酶与蔗糖酶、果实磷含量均显著正相关,土壤有机质含量与过氧化氢酶活性显著正相关,并且发现根际土壤放线菌增多可促进根部磷和果实钾元素的吸收,固氮菌增多可促进茎部磷元素的吸收,这些与前人的研究效果一致。而在该试验中发现脲酶和蔗糖酶活性均与真菌数量呈显著负相关,说明土壤中脲酶和蔗糖酶活性提高可抑制真菌的生长,这在前人的研究文献中尚鲜见报道。并且,在试验中分析发现,影响设施黄瓜养分吸收利用的主要因素为土壤中速效养分含量,第二因素为植株根茎部磷、钾含量及土壤放线菌、固氮菌数量,这方面的研究尚鲜见报道。

该试验结果表明,与试验地区经验施肥相比,一定范围内减少化肥用量可提高温室黄瓜根际土壤过氧化

氢酶、脲酶和蔗糖酶活性,提高细菌、固氮菌、放线菌和纤维分解菌数量并降低真菌数量,显著增加果实 P 和 K 含量。综合分析,处理 2(N 68 kg/hm², P₂O₅ 30 kg/hm², K₂O 90 kg/hm²) 的效果较为明显,显著提高根际土壤细菌数 50.41%、固氮菌数 24.07%、放线菌数 25.50%、纤维分解细菌数 23.22%、过氧化氢酶活性 13.64%、脲酶活性 14.08%、蔗糖酶活性 30.12%。黄瓜根际土壤放线菌增多可促进植株根部磷和果实钾元素吸收,固氮菌增多可促进植株茎部磷元素的吸收,脲酶活性的提高可促进果实磷元素吸收,有机含量和过氧化氢酶活性相互促进,而土壤中脲酶和蔗糖酶活性提高可抑制真菌的生长。影响设施黄瓜养分吸收利用的首要因素为土壤中速效养分含量,其次为植株根茎部磷、钾含量及土壤放线菌、固氮菌数量,第三为土壤过氧化氢酶活性和有机质含量。

参考文献

- [1] 杨治平,陈明昌,张强,等.不同施肥措施对保护地黄瓜养分利用效率及土壤氮素淋失影响[J].水土保持学报,2007,21(2):57-60.
- [2] 燕飞,邹志荣,董洁,等.不同施肥处理对大棚黄瓜产量和品质的影响[J].西北农业学报,2009,18(5):272-275,289.
- [3] 徐福利,王振,徐慧敏,等.日光温室滴灌条件下黄瓜氮、磷、有机肥肥效与施肥模式研究[J].植物营养与肥料学报,2009,15(1):177-

182.

- [4] 杜新民,吴忠红,张永清,等.不同种植年限日光温室土壤盐分和养分变化研究[J].水土保持学报,2007,21(2):78-80.
- [5] 于红梅,李子忠,龚元石.传统和优化水氮管理对蔬菜地土壤氮素损失与利用效率的影响[J].农业工程学报,2007,23(2):54-59.
- [6] 宁建凤,邹献中,杨少海,等.有机无机氮肥配施对土壤氮淋失及油菜生长的影响[J].农业工程学报,2007,23(11):95-100.
- [7] 杜立宇,刘俊杰,梁成华.长期定位施肥对保护地黄瓜产量及磷、钾养分吸收的影响[J].北方园艺,2008(12):24-27.
- [8] 赵营,张学军,罗健航,等.施肥对设施番茄-黄瓜养分利用与土壤氮素淋失的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(2):374-383.
- [9] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:北京科学出版社,1984:46-310.
- [10] 许光辉,郑洪元.土壤微生物分析方法手册[M].北京:农业出版社,1986:15-240.
- [11] 关松荫.土壤酶及其研究法[M].北京:农业出版社,1986:3-25.
- [12] 李亚星,刘善江,徐秋明,等.氮、磷营养过量对土壤养分及黄瓜营养吸收的影响初探[J].水土保持学报,2013,27(1):98-101.
- [13] 徐雄,张健,张猛,等.果-草人工生态系统中土壤微生物、土壤酶与土壤养分的关系[J].水土保持学报,2005,19(6):178-181.
- [14] 李松.豆科牧草对土壤酶活性及肥力影响研究[J].草业科学,1993,10(5):20.
- [15] 韦泽秀,梁银丽,井上光弘,等.水肥处理对黄瓜土壤养分、酶及微生物多样性的影响[J].应用生态学报,2009,20(7):1678-1684.

Effect of Fertilizer Amount on Nutrients Absorption and Utilization of Greenhouse Cucumber

LI Ming¹, CUI Shimao², WANG Huaidong¹, GE Maoyue¹

(1. Vocational Technical College, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014109; 2. Agricultural College, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010018)

Abstract: The greenhouse cucumber was selected to study the effect of fertilizer amount on nutrients absorption and utilization and its inner effect factor by analyzing data of nutrients, organic matter content, microbial amount, and enzyme activity of rhizosphere soil. In the experiment, the conventional fertilizer application amount of the test area was used as the control, and the fertilizer quantity decreased 1/3 in turn was used as 4 treatments. The results showed that compared with traditional fertilizer, reducing amount of chemical fertilizer within a certain range promoted soil enzyme activity, microbial quantity, and significantly increased fruit P and K content, and the effect of the treatment (N 68 kg/hm², P₂O₅ 30 kg/hm², K₂O 90 kg/hm²) significantly improved rhizosphere bacteria count 50.41%, nitrogen-fixing bacteria count 24.07%, actinomycetes count 25.50%, cellulose-decomposing bacteria count 23.22%, catalase activity 13.64%, urease activity 14.08%, invertase activity 30.12%. Factors affecting nutrients absorption and utilization of greenhouse cucumber were available nutrients of soil, count of actinomycetes and nitrogen-fixing bacteria count, catalase activity, and organic matter content.

Keywords: different fertilizer amount; soil nutrients; transformed; distribution; greenhouse cucumber