

施用味精废液对西瓜根际土壤 微生物量碳、氮含量的影响

臧传聪^{1,2}

(1. 德州学院 生态与园林建筑学院, 山东 德州 253023; 2. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 通过大田试验, 研究了 N_{100} (尿素提供 100% 的氮)、 $M_{10}N_{90}$ (味精废液和尿素分别提供 10% 和 90% 的氮)、 $M_{30}N_{70}$ (味精废液和尿素分别提供 30% 和 70% 的氮) 和 $M_{50}N_{50}$ (味精废液和尿素各提供 50% 的氮) 等处理对西瓜根际土壤微生物量碳 (MBC) 和微生物量氮 (MBN) 含量的影响。结果表明, 施用味精废液使土壤生物过程活跃, 有利于土壤有机物质的转化和西瓜正常生长所需的营养供应。在西瓜不同生育期, 根际土壤 MBC 和 MBN 含量动态变化规律不同。与 $M_{30}N_{70}$ 处理相比, $M_{10}N_{90}$ 和 $M_{50}N_{50}$ 处理对西瓜根际土壤微生物量碳、氮的影响较小。分析可知, 味精废液与化肥以 3:7 比例配施对西瓜根际土壤微生物生态环境的作用效果最佳, 更有利于平衡西瓜氮素营养。

关键词: 西瓜; 味精废液; 微生物量碳; 微生物量氮; 微生物熵

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)04-0099-05

中图分类号: S157.4⁺1

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.04.032

Effects of Monosodium Glutamate Wastewater Co-applied with Inorganic Fertilizer on Soil Microbial C and N at Rhizosphere of Watermelon

ZANG Chuan-cong^{1,2}

(1. College of Ecology and Garden Architecture, Dezhou University, Dezhou, Shandong 253023, China;
2. College of Resources and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

Abstract: A field experiment including five treatments, they were CK (neither urea nor chicken manure was applied), N_{100} (100% of nitrogen was provided by urea), $M_{10}N_{90}$ (10% and 90% of nitrogen was provided by monosodium glutamate wastewater and urea, respectively), $M_{30}N_{70}$ (30% and 70% of nitrogen was provided by monosodium glutamate wastewater and urea, respectively), and $M_{50}N_{50}$ (50% and 50% of nitrogen was provided by monosodium glutamate wastewater and urea, respectively) was performed. The experiment was to evaluate the effect of monosodium glutamate wastewater co-applied with inorganic fertilizer on soil microbial biomass carbon (MBC) and microbial biomass nitrogen (MBN) contents in the rhizosphere soil of watermelon. The results showed that using monosodium glutamate wastewater can accelerate soil biological processes, and was of great advantage to the transformation of organic matter and provision of nutrition to meet the needs of watermelon's regular growth. The dynamic changes of MBC and MBN contents were different at different growth duration. Compared to the $M_{30}N_{70}$ treatment, the $M_{10}N_{90}$ and $M_{50}N_{50}$ treatments had less effect on MBC and MBN contents in the watermelon rhizosphere soil. In conclusion, monosodium glutamate wastewater co-applied with inorganic fertilizer, especially the $M_{30}N_{70}$ treatment, could improve the ecological environment of watermelon rhizosphere soil and could balance nitrogen alimentation.

Keywords: watermelon; monosodium glutamate wastewater; microbial biomass carbon; microbial biomass nitrogen; microbial entropy

土壤微生物是土壤中各种生物化学过程的主要调节者, 微生物量碳、氮被认为是土壤活性养分的储

存库, 是植物生长可利用养分的重要来源^[1]。有研究^[2]认为, 农田微生物对氮肥的生物固定减少了氮肥

收稿日期: 2014-02-14

修回日期: 2014-03-03

资助项目: 山东省科技发展计划项目“鲁西北地区新型日光温室及其蔬菜生产关键技术研究集成与示范”(2012GNC11108)。

作者简介: 臧传聪(1991—), 男(汉族), 山东省诸城市人, 本科生, 研究方向为蔬菜的土壤生态。E-mail: superlong001@126.com。

的损失,尽管土壤微生物生物量只为土壤有机质的 1%~5%,但支配养分供应中,土壤微生物量不仅充当许多基础反应的生物催化剂,还相当于土壤 N 和 P 元素的快速周转库,土壤微生物量氮的活性与消长被认为是土壤氮素内循环的本质性内容。目前,许多研究者对施用化肥^[3]、猪圈肥^[4]和秸秆还田^[5]等措施下微生物生物量的变化进行了深入的探讨,而且主要集中在小麦、玉米等作物,而对味精废液及西瓜根际土壤微生物等方面的研究较少。有研究表明^[6],味精废液中核酸水解物用作植物生长素对水稻、食用菌、茶叶等均有明显的增产效果,并有促进果实早熟的作用,同时还能减少土壤致病菌及改善土壤环境。还有研究发现^[7-8],施用味精废液能促进白菜、番茄的生长,且能改善其品质。关于味精废液对西瓜根际土壤微生物量碳、氮的影响,尤其对西瓜在整个生育期内系统的动态变化研究尚未见报道。为此,本研究以丰乐一号西瓜为试材,开展了味精废液与化肥的不同配施比例对西瓜在不同生育期根际土壤微生物量碳和氮含量动态变化的研究,以期揭示配施味精废液处理根际土壤的生物化学过程的变化规律,为探讨施用味精废液对西瓜根际土壤的作用机理提供理论依据,并为进一步研发味精废液有机肥提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地点与供试材料

试验地点设在山东省泰安市岱岳区马庄镇夏马村,供试土壤为轻壤土,土壤速效氮、磷和钾的含量分别为 96.52, 38.76, 112.37 mg/kg,有机质含量为 15.29 g/kg。供试化肥品种为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%)和硫酸钾(含 K₂O 50%),有机肥为利用味精行业所产生废液制成的颗粒肥料(有机质含量 23.23%, N 7.55%, P₂O₅ 1.02%, K₂O 0.08%)。西瓜品种为“丰乐一号”,拱棚栽培,密度为 7 500 株/hm²。

1.2 试验设计

西瓜种子经过 40 d 的育苗后,在 2013 年 3 月 26 日移栽到拱棚里,随机区组设计,设 5 个处理:CK,不施肥;N₁₀₀,100%的氮由尿素提供;M₁₀N₉₀,10%的氮由味精废液提供,90%的氮由尿素提供;M₃₀N₇₀,30%的氮由味精废液提供,70%的氮由尿素提供;M₅₀N₅₀,50%的氮由味精废液提供,50%的氮由尿素提供。每个处理重复 3 次,每小区规格为 3.5 m×10 m=35 m²,共计 15 个小区。除 CK 外,各处理均为等养分量,N,P 和 K 含量相当于 315,75 和 240 kg/hm²,各处理 P 和 K 不足部分分别用过磷酸钙、

硫酸钾补足。各处理的肥料均在育苗前,一次性施入土壤。

1.3 土壤采样与分析

分别在移栽后的 10,20,30,40,60 和 70 d 采集土壤样品,每次每个处理采 6 株。在土壤水分含量适中时采用剥落分离法^[9]取样,将带土植株取出,先抖落大块不含根系的土壤,然后用力将根表面附着的土壤全部抖落下来,迅速装入塑料袋内作为根际土。然后立即采用氯仿熏蒸法测定土壤微生物量碳、氮^[10],每个处理 6 株土样分别进行测定。

1.4 统计方法

采用 Excel 软件处理数据,采用 SAS 软件进行方差分析和多重比较(LSD 法, $p < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同处理对根际土壤微生物量碳的影响

土壤微生物碳(MBC)一般为土壤有机碳的 1%~4%,由于土壤微生物 C/N 比值较低,在土壤中分解速度比土壤有机质快,对土壤有机质的分解及养分的转化循环等都有重要的作用^[11]。由表 1 可见,各施肥处理的 MBC 含量均明显高于 CK。移栽后 20 d,CK 达到了最大值,在 30 d 时就出现了缺肥症状,叶子发黄,根系活性降低,导致土壤微生物活性也降低。而 N₁₀₀,M₁₀N₉₀,M₃₀N₇₀ 和 M₅₀N₅₀ 处理随着西瓜的快速生长发育、根系分泌量的增加及气温的不断升高,MBC 含量在增加,到 40 d 时达到最大值,之后开始迅速的下降。与 N₁₀₀ 相比,M₁₀N₉₀,M₃₀N₇₀ 和 M₅₀N₅₀ 处理的 MBC 含量下降更快。这是由于味精废液是一种含 N 较高,C/N 较小的有机肥料,在土壤中较易矿化分解。随着西瓜生育期的推进,味精废液有机肥在不断地分解,在生长后期微生物能利用的易分解有机 C 源已矿化,剩余为较难分解的有机 C,所以使后期 MBC 含量显著降低。移栽后 70 d(收获期),各处理 MBC 含量稍有所回升,分别增加 21.17, 20.92,33.36,31.28 和 25.93 mg/kg。从西瓜整个生育期来看,配施味精废液的 3 个处理 MBC 含量明显高于 CK 和 N₁₀₀;M₁₀N₉₀,M₃₀N₇₀ 和 M₅₀N₅₀ 处理分别比 N₁₀₀ 处理提高了 31.97%~48.87%,46.00%~62.14%和 37.80%~53.11%。

可见,随着味精废液所占比例的增加,MBC 含量呈先增后减的趋势。在味精废液有机肥与化肥的不同配施中,M₃₀N₇₀ 处理的 MBC 含量最大。数据表明,配施味精废液对 MBC 含量具有显著的影响,其作用效果取决于味精废液与化肥的配施比例。

表 1 不同处理对西瓜根际土壤微生物量碳含量的影响

处理	土壤微生物量碳含量/(mg·kg ⁻¹)					
	移栽后 10 d	移栽后 20 d	移栽后 30 d	移栽后 40 d	移栽后 60 d	移栽后 70 d
CK	356.28±7.95d	536.61±9.04e	519.52±10.19e	446.17±15.61d	410.65±8.14d	431.82±10.69d
N ₁₀₀	419.75±8.36c	558.36±7.28d	617.43±9.57d	695.29±10.35c	587.14±9.52c	608.06±9.43c
M ₁₀ N ₉₀	572.06±6.58b	736.85±10.19c	842.68±12.31c	1 035.08±14.59b	826.37±8.64b	859.73±13.08b
M ₃₀ N ₇₀	628.12±9.82a	815.22±10.54a	935.01±8.63a	1 127.31±15.02a	892.13±6.92a	923.41±10.76a
M ₅₀ N ₅₀	589.53±8.57b	769.41±8.62b	876.18±9.25b	1 064.53±17.86b	854.65±9.71b	880.58±12.55b

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($p < 0.05$)。下同。

2.2 不同处理对根际土壤微生物量氮的影响

氮素是作物生长的大量元素,不仅受到氮肥种类、投入量及土壤肥力水平高低的影响,还要受到地上部作物需求量的影响,因此,土壤微生物量氮的变化比土壤微生物量碳的波动幅度大且复杂的多^[12]。从表 2 可知,在西瓜整个生育期内,总的变化规律表现为:移栽后 10 d 各处理土壤微生物量氮(MBN)含量达到高峰,随生育进程明显下降,收获期呈回升趋势。移栽后 10 d,各施肥处理的 MBN 含量均明显高于 CK。

与 N₁₀₀ 处理相比,配施味精废液处理均显著提高了土壤中 MBN 含量。M₃₀N₇₀ 处理的 MBN 含量显著高于 CK, N₁₀₀, M₁₀N₉₀ 和 M₅₀N₅₀, 分别提高了 120.17%, 74.71%, 15.01% 和 20.06%。移栽后 20 d, 各处理的

MBN 含量均出现不同程度的下降,其中 CK 在移栽后 30 d 最早降为最低值,这可能是由于土壤氮素营养不能满足西瓜生长需求,土壤微生物不得不加速自身矿化来提供养分,表明在没有氮肥施入的情况下,土壤微生物量氮也能为作物生长提供一定量的氮素养分。而各施肥处理的 MBN 含量继续下降,在移栽后 60 d 达到最低值;收获期(70 d)各处理的 MBN 含量均有小幅的回升。

在西瓜的全生育期内,配施味精废液处理均明显高于单施化肥处理,其中 M₃₀N₇₀ 处理的 MBN 含量始终处于最高,比 N₁₀₀ 提高 35.31%~81.30%。可见,在配施味精废液处理中,随着味精废液比例的增加,MBN 含量呈先升后降的趋势。因此,并非味精废液所占的比例越大,土壤中 MBN 含量就越高。

表 2 不同处理对西瓜根际土壤微生物量氮含量的影响

处理	土壤微生物量氮含量/(mg·kg ⁻¹)					
	移栽后 10 d	移栽后 20 d	移栽后 30 d	移栽后 40 d	移栽后 60 d	移栽后 70 d
CK	43.39±0.98d	40.95±2.02d	26.58±0.68d	28.73±1.67d	29.15±0.89d	30.96±0.76d
N ₁₀₀	54.68±1.39c	51.76±1.63c	45.39±2.12c	40.05±1.28c	32.46±0.63c	34.58±1.45c
M ₁₀ N ₉₀	83.06±1.91b	78.51±2.15b	70.64±1.35b	58.27±1.86b	37.67±1.26b	41.81±0.93b
M ₃₀ N ₇₀	95.53±1.85a	92.08±1.27a	82.29±1.96a	69.62±0.79a	43.95±0.54a	46.79±1.15a
M ₅₀ N ₅₀	79.57±2.06b	75.13±1.81b	68.33±1.59b	55.06±1.75b	35.83±1.08b	39.92±1.29b

2.3 微生物量碳、氮占有机碳、全氮的百分比

微生物量碳/有机碳称为微生物熵(MBC/TOC),它是衡量一个生态系统土壤有机碳积累或损失的一个重要指标,该值高则表示土壤碳的积累。微生物熵是一个比值,它能够避免在使用绝对量或对不同有机质含量的土壤进行比较时出现的一些问题,因而土壤微生物熵能够较为准确地反映土地利用和管理措施对土壤的影响^[13]。由表 3 可见,在西瓜的全生育期内,土壤微生物熵在 2.35%~6.71%之间波动。各施肥处理的

微生物熵均显著高于 CK。移栽后 20 d,CK 的微生物熵达到最大值,而 N₁₀₀, M₁₀N₉₀, M₃₀N₇₀ 和 M₅₀N₅₀ 处理在移栽后 40 d 达到高峰,之后呈下降趋势,在收获期(70 d)略有上升。在各施肥处理中,味精废液与化肥的配施处理均显著高于 N₁₀₀,表明有机肥的投入能明显提高有机碳在微生物中的固定。而在配施的 3 个处理中, M₃₀N₇₀ 处理的微生物熵均高于 M₁₀N₉₀ 和 M₅₀N₅₀ 处理。在西瓜的整个生育期内, M₃₀N₇₀ 处理的微生物熵比 N₁₀₀ 提高 27.59%~51.53%。

表 3 不同处理对西瓜根际土壤微生物熵的影响

处理	土壤微生物量碳含量/(mg·kg ⁻¹)					
	移栽后 10 d	移栽后 20 d	移栽后 30 d	移栽后 40 d	移栽后 60 d	移栽后 70 d
CK	2.35±0.06e	3.41±0.05e	3.32±0.06e	3.20±0.09e	3.02±0.08e	3.09±0.04e
N ₁₀₀	2.56±0.05d	3.62±0.03d	3.85±0.05d	4.43±0.07d	3.89±0.05d	3.96±0.07d
M ₁₀ N ₉₀	3.36±0.05b	4.40±0.06b	5.14±0.05b	6.45±0.08b	5.41±0.06b	5.50±0.07b
M ₃₀ N ₇₀	3.50±0.04a	4.62±0.05a	5.45±0.02a	6.71±0.05a	5.62±0.03a	5.69±0.02a
M ₅₀ N ₅₀	3.13±0.02c	4.11±0.03c	4.78±0.06c	5.90±0.07c	5.03±0.08c	5.14±0.06c

从表 4 可知,在移栽后 10 d,各处理的 MBN/TN 达到最大值,随着西瓜的生长,根系吸收土壤氮养分的能力增强,土壤微生物量氮逐渐降低,导致其占土壤全氮的百分比也逐渐下降,但各处理的下降程度不一。CK 最早降至最低,移栽后 30 d 时就已降至 1.78%,表明对照土壤的氮素处于缺乏状态。各施肥处理均在移栽后 60 d 降至最低,在收获期(70 d)呈回升趋势。在西瓜全生育期内,配施味精废液处理的

MBN/TN 均明显高于 CK 和 N_{100} 处理,其中 $M_{10}N_{90}$ 处理的 MBN/TN 最高,比 N_{100} 处理提高了 44.77%~89.33%;各处理的 MBN/TN 平均值大小次序为: $M_{30}N_{70} > M_{10}N_{90} \approx M_{50}N_{50} > N_{100} > CK$ 。分析数据表明,施肥能显著增加土壤微生物量氮占全氮的百分比,而配施味精废液有机肥的效果明显优于单施化肥;在味精废液有机肥与化肥的不同配比中,以 3:7 比例配施的效果最显著。

表 4 不同处理对西瓜根际土壤 MBN/TN 的影响

处理	土壤微生物量碳含量/(mg·kg ⁻¹)					
	移栽后 10 d	移栽后 20 d	移栽后 30 d	移栽后 40 d	移栽后 60 d	移栽后 70 d
CK	2.76±0.06e	2.69±0.05d	1.78±0.03d	2.01±0.06e	2.07±0.08c	2.15±0.05d
N_{100}	3.18±0.05d	3.10±0.04c	2.75±0.03c	2.52±0.06d	2.15±0.06c	2.26±0.04c
$M_{10}N_{90}$	4.94±0.08b	4.79±0.06b	4.39±0.05b	3.81±0.04b	2.65±0.02b	2.84±0.08b
$M_{30}N_{70}$	5.79±0.07a	5.68±0.04a	5.21±0.05a	4.58±0.07a	3.16±0.09a	3.27±0.06a
$M_{50}N_{50}$	4.82±0.05c	4.73±0.03b	4.38±0.02b	3.70±0.05c	2.62±0.03b	2.83±0.05b

2.4 不同处理对根际土壤微生物量碳氮比的影响

微生物量碳/土壤微生物量氮比(MBC/MBN)通常用来表征土壤微生物群落结构特征,可用作土壤氮素供应能力和有效性的评价指示^[14]。从表 5 可以看出,西瓜各生育期内土壤 MBC/MBN 比在 6.58~23.85 之间变化,其比值高于李贵桐等^[15]的研究报道,可能与植物根系活动和土壤有效养分的差异等因素有关。移栽后 10~30 d,各施肥处理 MBC/MBN 比明显低于对照,这表明施肥处理土壤氮素的有效性

较高。随着生育进程的推进,西瓜吸氮量不断增加,土壤有效氮含量逐渐降低,土壤微生物量氮逐渐转化为有效氮供西瓜吸收利用,使各处理 MBC/MBN 比增大,除 CK 外,各施肥处理 MBC/MBN 比均在移栽后 60 d 升至最高。在收获期(70 d)时,各处理 MBC/MBN 比均有下降。西瓜植株根系周围的微生物种群以细菌为主,其次是放线菌,而真菌最少,不同种群的 C/N 比不一样,微生物区系中细菌和真菌的比例不同,必然会导致 MBC/MBN 比的不同。

表 5 不同处理对西瓜根际土壤 MBC/MBN 比的影响

处理	土壤微生物量碳含量/(mg·kg ⁻¹)					
	移栽后 10 d	移栽后 20 d	移栽后 30 d	移栽后 40 d	移栽后 60 d	移栽后 70 d
CK	8.21±0.19a	13.20±0.36a	19.55±0.68a	15.53±0.14d	14.09±0.45e	13.95±0.59d
N_{100}	7.68±0.23b	10.79±0.29b	13.60±0.32b	17.36±0.18b	18.09±0.55d	17.58±0.76c
$M_{10}N_{90}$	6.89±0.16c	9.39±0.21c	11.93±0.17d	17.76±0.39b	21.94±0.71b	20.56±0.41b
$M_{30}N_{70}$	6.58±0.25c	8.85±0.37c	11.36±0.51d	16.19±0.42c	20.30±0.36c	19.74±0.53b
$M_{50}N_{50}$	7.41±0.08b	10.24±0.45b	12.82±0.22c	19.33±0.56a	23.85±0.62a	22.06±0.29a

3 结果讨论

土壤微生物量是土壤肥力的重要生物学指标。MBC 可反映微生物的活动状况,是土壤有机碳的灵敏指示因子;MBN 是土壤微生物对氮素矿化与固持作用的综合反映,凡是影响氮素矿化与固持过程的因素都会影响 MBN 的含量^[16]。Albiach 等^[17]研究认为,合理的施肥措施有利于改善土壤理化性状和微生物区系,使土壤微生物量碳、氮含量增加,并能提高土壤肥力。本试验得出,在西瓜的整个生育时期内,配施味精废液处理的 MBC 和 MBN 含量均明显高于对照和单施化肥处理,这与徐永刚等^[4]在潮棕壤上的报

道一致。这是因为配施有机肥不仅补充输入了有机碳源,提高了养分的有效性和保水能力,且改善了土壤物理性状,必将刺激土壤微生物繁殖^[18],从而使微生物量呈较高值。这也说明味精废液与化肥配施下能有较多的氮素通过同化作用转入到微生物体内被暂时固定,相应地减少了通过氨挥发和硝态氮淋失等途径造成的氮素损失。这对调节土壤氮素供应、提高氮素利用率、防止水资源污染及保证农业可持续发展都具有一定的积极意义^[19]。

本试验还得出,各处理 MBN 含量在西瓜的生育过程中表现为移栽初期升高,随生育进程推进逐渐下降,收获期有小幅回升的趋势。这与罗兰芳等^[12]在

水稻上的研究结果一致,这一变化趋势与土壤微生物活动、外界气温变化及西瓜对养分的吸收特性有关。移栽初期(10 d),各处理 MBN 达到最大值。这可能是由于施入土壤的氮肥释放迅速,土壤矿质氮含量达到最高;同时随土壤温度的升高,根系周围土壤微生物活性迅速增强,土壤微生物开始固持土壤中的氮素,使土壤微生物量增加。随生育进程的推进,西瓜对土壤氮素的需求量增加,而各处理的 MBN 含量逐渐降低,说明一部分微生物氮又被释放出来,以供西瓜生长需要,这反映出土壤微生物氮是植物有效氮的重要储备以及在土壤氮素供应方面的协调作用^[20]。收获期(70 d),各处理土壤微生物量稍有回升。主要原因是西瓜停止生长后,地下根系逐渐衰老死亡,植株通过根系分泌物和残体向土壤提供有机碳、氮,促进微生物生长,从而增加了 MBC 和 MBN 含量^[21]。

作为土壤微生物量碳与有机碳的比值,微生物熵在对不同有机质含量的土壤进行比较时与总量有机碳或微生物量碳相比,均具有一定的优势;它更能反映出土壤碳库的容量和活性特征,体现土壤质量的高低。土地利用和施肥对土壤微生物熵的影响可能来源于其改变了土壤有机物的投入量和其它土壤环境条件,从而使微生物量碳迅速发生变化^[13]。本研究认为,配施味精废液的3个处理均显著高于单施化肥处理,这与徐阳春等^[22]的研究结果相似。可能是由于有机肥的施用为土壤微生物生长提供了丰富的碳源和氮源,使其吸收合成其机体的一部分。这样不仅提高了土壤有机碳的积累,而且更大的提高了土壤的微生物生物量,从而使微生物熵明显提高。本试验还得出,不同处理的 MBN/TN 为 1.78%~5.79%,这与 Anderson 和 Domsch^[23]的报道一致,同时配施味精废液处理的 MBN/TN 显著高于单施化肥处理,进一步证明了味精废液与化肥配施能明显增加土壤微生物量氮占全氮的百分比,有利于提高氮的有效性。

4 结论

(1) 施用味精废液使土壤生物过程活跃,有利于土壤有机物质的转化和西瓜正常生长所需的营养供应。在西瓜不同生育期,根际土壤 MBC 和 MBN 含量动态变化规律不同。与 $M_{30}N_{70}$ 处理相比, $M_{10}N_{90}$ 和 $M_{50}N_{50}$ 处理对西瓜根际土壤微生物量碳、氮的影响较小。

(2) 在味精废液与化肥的不同搭配比例中,3:7 比例配施的 MBC,MBN,MBC/TOC 和 MBN/TN 均明显高于 1:9 和 5:5 比例配施处理。可能是由于 3:7 比例配施更好地调节了土壤 C/N 比,有利于土壤微生物活性的提高及微生物的大量繁殖,从而导致土壤微生物量的增加。同时 3:7 比例配施的 MBC/MBN 比值小于 1:9 和 5:5 比例配施,也说明了该处理下土壤氮素的生物有效性较高。综合分析可知,味精废液与化肥以 3:7 比例配施对西瓜根际土壤微生态环境的作用效果最佳,更有利于平衡西瓜氮素营养。

[参考文献]

- [1] 王晓龙,胡峰,李辉信,等.红壤小流域不同土地利用方式对土壤微生物量碳氮的影响[J].农业环境科学学报,2006,25(1):143-147.
- [2] Mary B, Recous S, Robin D. A method for calculating nitrogen fluxes in soil using ¹⁵N tracing [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1998,30(4):1963-1979.
- [3] 王光华,齐晓宁,金剑,等.施肥对黑土农田土壤全碳、微生物量碳及土壤酶活性的影响[J].土壤通报,2007,38(4):661-666.
- [4] 徐永刚,宇万太,马强,等.长期不同施肥制度对潮棕壤微生物生物量碳、氮及细菌群落结构的影响[J].应用生态学报,2010,21(8):2078-2085.
- [5] 李花,葛玮健,马晓霞,等.小麦—玉米轮作体系长期施肥对瘠土微生物量碳、氮及酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(5):1140-1146.
- [6] 谷丰.利用味精废液制取核糖核酸[J].发酵科技通讯,2003,32(3):24-25.
- [7] 张铭光,黄群声.味精生产排出的废液对白菜生长的影响[J].华南师范大学学报:自然科学版,2000,45(3):81-84.
- [8] 朱日清,方萍,张晓玲,等.味精废液与微生物菌剂联用对基质培番茄的促生效应[J].植物营养与肥料学报,2005,11(6):810-815.
- [9] Wang Xiaoping, Zabowski D. Nutrient composition of Douglas-fir rhizosphere and bulk soil solutions[J]. Plant Soil, 1998,200(1):13-20.
- [10] 王岩,沈其荣,史瑞和.有机无机肥料施用后土壤生物量 C, N, P 的变化及 N 素转化[J].土壤学报,1998,35(2):227-233.
- [11] 王岩.有机肥养分在土壤—作物生态系统中的循环转化及其对土壤的作用机制[D].江苏南京:南京农业大学,1997.
- [12] 罗兰芳,聂军,郑圣先,等.施用控释氮肥对稻田土壤微生物生物量碳、氮的影响[J].生态学报,2010,30(11):2925-2932.
- [13] 任天志,Stefano Grego.持续农业中的生物指标研究[J].中国农业科学,2000,33(1):68-75.
- [14] 白震,张明,宋斗妍,等.不同施肥对农田黑土微生物群落的影响[J].生态学报,2008,(7):3244-3253.

(下转第 109 页)

[参 考 文 献]

- [1] Anatoly A G, Yoram J K, Robert S, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80(1):76-87.
- [2] 李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. *资源科学*, 2004, 26(4):157-164.
- [3] Prince S D. A model of regional primary production for use with coarse resolution satellite data[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1991, 12(6):1313-1330.
- [4] 甘春英, 王兮之, 李保生, 等. 连江流域近 18 年来植被覆盖度变化分析[J]. *地理科学*, 2011, 31(8):1019-1024.
- [5] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 丁建丽, 等. 新疆典型盐渍区植被覆盖度遥感动态监测:以渭干河—库车河三角洲绿洲为例[J]. *林业科学*, 2011, 47(7):121-125.
- [6] Carlson T N, Ripley D A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997, 62(3):241-252.
- [7] 张云霞, 李晓兵, 陈云浩. 草地植被覆盖度的多尺度遥感与实测方法综述[J]. *地球科学进展*, 2003, 18(1):85-93.
- [8] 于秀娟, 燕琴, 刘正军. 三江源区植被覆盖度的定量估算与动态变化研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(1):66-74.
- [9] 章文波, 符素华, 刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[J]. *北京师范大学学报:自然科学版*, 2001, 37(3):402-408.
- [10] Leprieur C, Kerr Y H, Mastorechio S, et al. Monitoring vegetation cover across semi-arid regions, comparison of remote observations from various scales[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 21(2):281-300.
- [11] 张宝庆, 吴普特, 赵西宁. 近 30 a 黄土高原植被覆盖时空演变监测与分析[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(4):287-293.
- [12] 玛丽艳·阿西穆, 塔西甫拉提·特依拜, 买买提·沙吾提, 等. 基于 Markov 模型的植被覆盖动态变化预测研究[J]. *水土保持研究*, 2013, 20(1):121-125.
- [13] 雷璇, 杨波, 蒋卫国, 等. 东洞庭湿地植被格局变化及其影响因素[J]. *地理研究*, 2012, 31(3):461-470.
- [14] 江洪, 汪小钦, 陈星. 一种以 FCD 模型从 SPOT 影像提取植被覆盖率的方法[J]. *地球信息科学*, 2005, 7(4):113-116.
- [15] 陈晋, 陈云浩, 何春阳, 等. 基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J]. *遥感学报*, 2001, 5(6):416-422.
- [16] 高志海, 李增元, 魏怀东, 等. 基于遥感的民勤绿洲植被覆盖变化定量监测[J]. *地理研究*, 2012, 31(3):461-470.
- [17] 马娜, 胡云锋, 庄大方, 等. 基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J]. *地理科学*, 2012, 32(2):251-256.
- [18] 穆少杰, 李建龙, 陈奕兆, 等. 2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J]. *地理学报*, 2012, 67(9):1255-1268.
- [19] 许旭, 李晓兵, 梁涵玮, 等. 内蒙古温带草原区植被覆盖度变化及其与气象因子的关系[J]. *生态学报*, 2010, 30(14):3733-3743.
- [20] 李双双, 延军平, 万佳. 近 10 年陕甘宁黄土高原区植被覆盖时空变化特征[J]. *地理学报*, 2012, 67(7):960-970.
- [21] 王强, 张勃, 戴声佩, 等. 三北防护林工程区植被覆盖变化与影响因子分析[J]. *中国环境科学*, 2012, 32(7):1302-1308.

(上接第 103 页)

- [15] 李贵桐, 张宝贵, 李保国. 秸秆预处理对土壤微生物量及呼吸活性的影响[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(12):2225-2228.
- [16] Bradley L, Fyles J W. A kinetic parameter describing soil available carbon and its relationship to rate increase in C mineralization [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1994, 22(2):167-172.
- [17] Albiach R, Canet R, Pomanes F, et al. Microbial biomass content and enzymatic activities after the application of organic amendments to a horticultural soil [J]. *Bioresources Technology*, 2000, 75(1):43-48.
- [18] 许秀云, 姚贤良, 刘克樱. 长期施用有机肥对红壤性水稻土物理属性的影响[J]. *土壤*, 1996, 28(2):57-61.
- [19] 周卫军, 曾希柏, 张杨珠, 等. 施肥措施对不同母质发育的稻田生态系统土壤微生物量碳、氮的影响[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(5):1043-1048.
- [20] 何振立. 土壤微生物量及其在养分循环和环境质量评价中的意义[J]. *土壤*, 1997(2):61-69.
- [21] Goyal S, Chander K, Mundra M C, et al. Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 1999, 29(2):196-200.
- [22] 徐阳春, 沈其荣, 冉伟. 长期免耕与施用有机肥对土壤微生物量碳、氮、磷的影响[J]. *土壤学报*, 2002, 39(1):89-96.
- [23] Anderson T H, Domsch K H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 1989, 21(1):471-479.