

减量施肥条件下生物有机肥对土壤养分供应及小白菜吸收的影响

魏晓兰, 吴彩姣, 孙玮, 汤燕, 谷勋刚

(安徽农业大学 资源与环境学院, 安徽 合肥 230036)

摘要: [目的] 研究化肥减量施用条件下混合加入生物有机肥对土壤养分供应、蔬菜养分吸收及生物量的影响, 为化肥减量化应用的实践提供理论依据。[方法] 采用盆栽试验方法, 以小白菜为供试作物, 研究生物有机肥与不同比例的化肥配合施用, 对土壤碱解氮、速效磷、速效钾以及蔬菜生物量、氮磷钾吸收量的影响。[结果] 生物有机肥在一定的时间内能够提高土壤氮、磷、钾的供给, 在减少该区常规施肥用量 15%~25% 的条件下, 对土壤供肥能力不产生明显的影响, 并可减少农业面源污染, 减轻环境污染压力; 小白菜生长试验显示, 两种肥料混合施用, 在减少化肥常规用量的 15%~25% 时, 对小白菜的生物量、氮磷钾吸收量均不产生不利影响, 并在一定程度上提高肥料的利用率。[结论] 生物有机肥对土壤氮、磷、钾不仅具有活化作用, 还能稳定氮、磷、钾养分的供应。

关键词: 生物有机肥; 土壤养分供应; 生物量; 化肥减量化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)01-0040-05

中图分类号: S153, S14-3

文献参数: 魏晓兰, 吴彩姣, 孙玮, 等. 减量施肥条件下生物有机肥对土壤养分供应及小白菜吸收的影响[J]. 水土保持通报, 2017, 37(1): 040-044. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 01. 007; Wei Xiaolan, Wu Caijiao, Sun Wei, et al. Effect of bio-organic fertilizer on soil nutrient supply and absorption of bok choy under different decreasing fertilization[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(1): 040-044. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 01. 007

Effect of Bio-organic Fertilizer on Soil Nutrient Supply and Absorption of Bok Choy Under Different Decreasing Fertilization

WEI Xiaolan, WU Caijiao, SUN Wei, TANG Yan, GU Xungang

(School of Resources and Environment, Anhui Agriculture University, Hefei, Anhui 230036, China)

Abstract: [Objective] The study aims to analyze the effect of bio-organic fertilizer on the supply of soil nutrient, the nutrient absorption by Bok choy, and vegetable biomass under the conditions of decreasing application of chemical fertilizer, and to provide theoretical basis for the practice of fertilizer-decreasing application. [Methods] We used the pot-test, with Bok choy as target species, to investigate the effect of bio-organic fertilizer and different amount chemical fertilizer mixtures on alkali-hydrolyzing nitrogen, rapidly available phosphorus, potassium on soil, and vegetable biomass and absorption of nitrogen, phosphorus, potassium by Bok choy. [Results] The bio-organic fertilizer could increase the supply of soil nitrogen, phosphorus and potassium in the limited period time if applying the mixture of both fertilizer. Furthermore, under the condition of the decreasing 15%~25% of conventionally chemical fertilizer application, the mixture fertilization technique did not affect the fertilizer supply of the soil, thus decreasing the non-point contamination of agriculture and stress of environment pollution. Bok choy growing test verified that under the decrease of 15%~25% of conventionally chemical fertilizer application, the mixture fertilization method did not reduce the bio-

收稿日期: 2016-03-25

修回日期: 2016-05-15

资助项目: 水体污染控制与治理科技重大专项“南肥河流域农村有机废弃物及农田养分流失污染控制技术研究与示范”子课题“农田养分流失技术研究与示范”(2013ZX07103006-004); 国家自然科学基金项目“钾对茶叶低萜类中间体异戊烯焦磷酸合成关键酶的调节研究”(31470688)

第一作者: 魏晓兰(1989—), 河南省林州市人, 硕士研究生, 研究方向为植物营养的土壤化学。E-mail: 1056287378@qq.com。

通讯作者: 谷勋刚(1967—), 安徽省阜南县人, 博士, 教授, 主要从事植物营养的土壤化学方面研究。E-mail: xgg89@ahau.edu.cn。

mass, and absorption of nitrogen, phosphorus, potassium of Bok choy, thus enhancing the utilization ratio of fertilizer. [Conclusion] Bio-organic fertilizer not only activate the soil available nitrogen, phosphorus, potassium, but also stabilize the supply.

Keywords: bio-organic fertilizer; supply of soil nutrient; biomass; chemical fertilizer decrement.

中国人口多,耕地少,为满足粮食需求,提高单位面积作物产量是行之有效的措施,增加肥料施用量为作物产量的提高提供了保证。但过量施肥易于导致肥料利用率低下^[1]、面源污染增加^[2-3]、水土流失加剧、农产品质量降低等问题^[4]。基于此,农业部于 2015 年印制文件明确提出,至 2020 年底中国农业种植实现化肥零增长目标^[5]。

如何保证农产品产量和质量的同时,又减少化肥施用量就成为农业工作者面临的一个紧迫问题。前期研究者证实,有机无机肥料混合施用可提高肥料的利用率^[6]。因此生物有机肥与化肥混合施用也应该有一定的效果,因为该肥料以农业有机废弃物为原料,通过微生物快速发酵形成的一类有机弱酸混合物,并含有一定的活性成分,与土壤有机质组成类似^[7]。长期施用,可提高土壤有机质含量,丰富微生物

物种类和数量,改善土壤生态环境^[8-9],促进植物生长发育,改善农产品品质^[10],并在土壤重金属及有毒有机污染物修复方面发挥重要作用^[11]。目前,生物有机肥研究的较多,也是一个热点^[12]。本文拟采用小白菜盆栽试验,通过生物有机肥与不同量化肥配合施用,研究生物有机肥对土壤有效养分变化以及作物吸收利用的影响,为化肥减量化施用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

试验在安徽农业大学试验基地进行,该地为亚热带季风气候,土壤类型为黄褐土,供试土壤采集于郊区农田表层 0—20 cm。原土去除石块及其他杂物后,风干、混匀、过 5 mm 筛,同时测定土壤基础成分,结果见表 1。

表 1 供试土壤基本性质

pH 值	有机质/(g·kg ⁻¹)	全氮/(g·kg ⁻¹)	速效氮/(mg·kg ⁻¹)	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)
6.35	11.22	0.749 5	41.29	17.01	210.1

1.2 试验设计

试验采用土培法进行,每盆装风干土 4.5 kg。该区农户种植蔬菜普遍采用传统施肥方法,施肥量为:尿素(含 N46%)750 kg/hm²,磷酸氢二铵(含 N18%,P₂O₅ 46%)450 kg/hm²,硫酸钾(含 K₂O 50%)300 kg/hm²。根据生产商的建议,生物有机肥最佳用量为 150 kg/hm²,该肥料含功能菌 ≥ 2 亿个/g,有机质 ≥ 60%,N,P,K 分别为 0.56%,0.38%,1.91%。根据这种施肥状况,盆栽试验设计采用 6 个处理方式,每个处理的施肥量根据 4.5 kg 土壤计算,即处理 1(空白);处理 2(传统施肥);处理 3(传统施肥+生物有机肥);处理 4(85%传统施肥+生物有机肥);处理 5(75%传统施肥+生物有机肥);处理 6(65%传统施肥+生物有机肥)。每处理设 10 次重复,随机分组排列。盆栽小白菜品种为“抗热 605”,2015 年 9 月 15 日播种,种子发芽出土后每盆保留长势相同小白菜幼苗 15 株,半个月后随机选 2 盆第一次全部取样,以后每 10 d 取 1 次全部植株样品,共取 5 次样品,每 1 次相同水平用 2 盆进行土壤及植株样品分析。

土壤全氮、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质采用

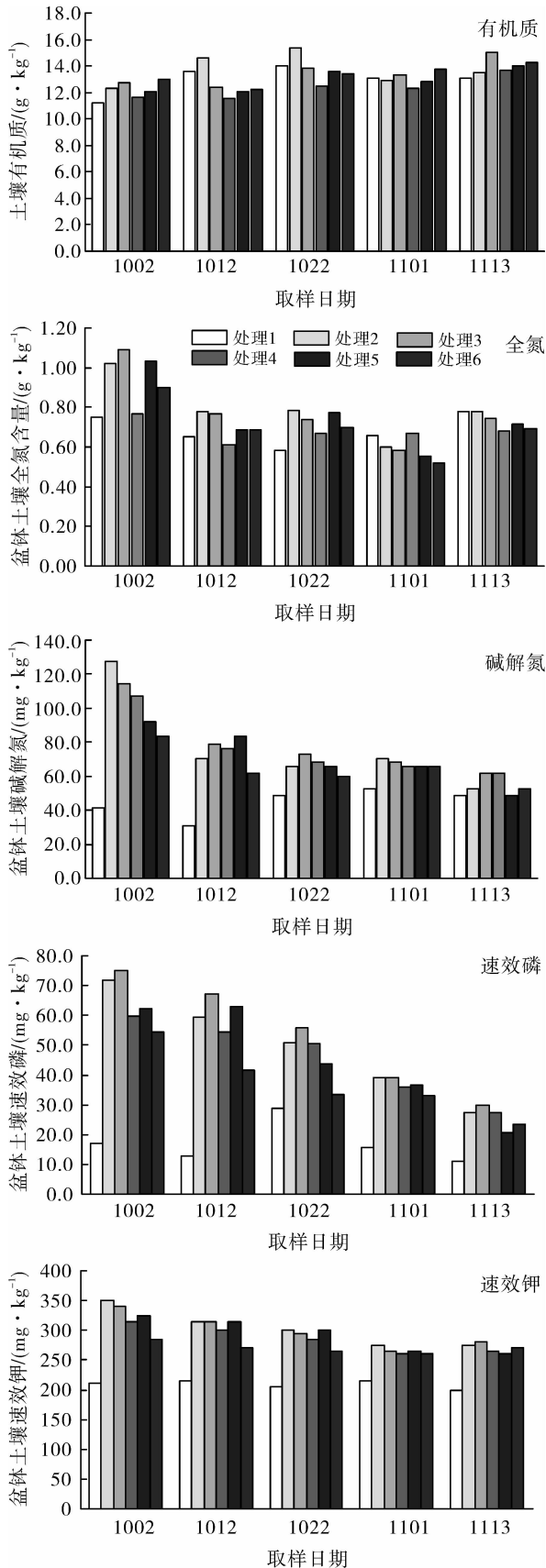
常规方法测定^[13]。小白菜样品中氮、磷、钾含量采用硫酸—双氧水消煮,常规法测定;小白菜生物量用烘干称重法完成。

数据处理与分析采用 Excel 2003 和 SPSS 19.0 软件。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理中盆栽土壤养分变化

2.1.1 有机质及全氮含量变化 土壤有机质是影响土壤质地优劣的重要因素,并且与土壤供肥能力呈正相关;土壤全氮反应了土壤的供氮潜力,在未施肥的土壤中,有机质的含量一般与土壤全氮的含量呈现出良好的相关性,几种处理及分次采样测定有机质及全氮的结果见图 1。从图 1 的结果来看,几种处理及不同时间段取样,有机质含量变化不大,尽管盆栽土壤中由处理 2—5 也加入了生物有机肥,但所含有机质总量不高,与土壤有机质含量比较可以忽略,因此土壤固有的有机质几乎不变,在培养时间范围内稳定。而盆栽土壤不同处理及几个时间段取样得到全氮含量出现了变化,可能是施入氮肥的原因,后期全氮有所减少与小白菜吸收有关。



注: 试验只做了 2 次重复, 无法计算偏差, 图中的数据为 2 次结果的平均值。下同。

图 1 2015 年不同施肥处理中土壤有机质、全氮含量的变化、碱解氮、速效磷及速效钾

2.1.2 碱解氮的变化 土壤碱解氮含量的高低反应了土壤供氮的强度水平,同时也与氮素流失关系密切^[14]。图 1 显示,施肥后碱解氮含量明显增加,施肥 25 d(至 10 月 12 日)明显减少,随后趋于稳定并缓慢下降。由于碱解氮含量的高低与氮素地表径流损失有相关性^[3],所以农业种植施肥后约 15 d,应注重控制地表径流导致的氮素流失。从几个处理结果来看,施肥后 15 d(10 月 2 日),加入生物有机肥(处理 3)与不加入的施肥(处理 2)比较,能够降低土壤碱解氮的含量,一定程度上控制氮素释放的总量和强度,如发生地表径流时,能降低氮素流失的总量。随着施氮水平的降低,由处理 4—6,碱解氮含量逐渐降低,表明即使是施用了生物有机肥,施氮水平仍然是影响土壤有效氮素含量最重要的因素之一,在相同水平下,生物有机肥只能够起着一定程度的缓释效果。随着盆栽试验时间延长至 35 d(10 月 22 日)、45 d(11 月 1 日),土壤碱解氮趋于平稳,氮素地表径流损失将会降低,碱解氮的减少主要是因为植物的吸收或土壤氮素的形态转化损失。

2.1.3 速效磷的变化 土壤速效磷反应了土壤供磷的强度水平,与植物生长呈正相关^[15]。总体来看,随时间的延长(图 1),土壤各个施肥水平试验中速效磷含量降低,主要是因为植物小白菜的吸收所致,反应了盆栽小白菜吸收的主要是速效磷。在相同的几个取样时间段,处理 2 和处理 3 比较,发现加入生物有机质能活化磷素,减少被土壤固定的机会,表现为速效磷含量有一定水平的提高。时间延长(45 d,55 d,第 4 次、第 5 次取样),在减施磷肥 15%~35%的条件下(处理 4—6),土壤速效磷含量水平几乎与传统施肥的接近,表明生物有机质在后期对土壤磷素活化效应更加明显,同时也证实有机肥与化肥混合配施在一定程度上减施磷肥对土壤有效磷的供应没有太大影响。显然生物有机肥对土壤磷素具有增效作用,通过改善肥料物理性状来提高稳定性和有效性^[16]。

2.1.4 速效钾的变化 对蔬菜生长而言钾素的重要性不言而喻,随时间的延长(图 1)各施肥水平试验中速效钾含量缓慢降低,主要是小白菜吸收所致。但本试验所取土壤钾素的本底值含量很高,达到了 210.1 mg/kg 的水平,足以满足该蔬菜对钾的需求,因此各个施肥水平中速效钾的差异不太明显,从减施化肥的几个处理上来看(处理 4—6),生物有机肥与钾肥配合使用也能活化钾素,增加钾肥的有效性。此研究结果表明,生物有机肥对土壤钾素的供应具有促进作用,虽有一定的缓释效果^[17],并有潜在的提高提高钾

肥利用率的可能性^[18],但土壤速效钾总量过高,地表径流造成的损失不可避免。

2.2 不同处理对小白菜生物量及养分吸收的影响

2.2.1 小白菜生物量 为了评价不同施肥处理对小白菜生长情况影响,试验中测定了每盆得到的小白菜的干物质重量,结果见表 2。处理 1 为未施肥时各个时间段取样的干重,播种 15 d(10 月 2 日取样),生物量较低,此时为幼苗阶段,吸收养分有限;25 d 以后(10 月 12 日),干物质重量逐渐增加,反映了小白菜在不断地生长发育,但未施肥条件下整体长势不良,表明土壤养分供应不足。施肥后(处理 2—6),小白菜生长也体现了相同的规律,幼苗期生物量低,以后逐渐增加,但与未施肥处理比较,长势较好,生物量高。仅从小白菜生物量看,处理 2,处理 3,处理 4,处理 5 各个阶段没有显著差别,所以添加生物有机肥后,减少化肥用量 15%~25%是可行的,对蔬菜的产量没有太大的影响。但减少常规施肥总量的 35%,会影响小白菜的产量(处理 6)。因此,合肥郊区蔬菜种植区可通过适量施用生物有机肥,减少化肥总量 20%左右,即不影响产量,又能节省成本,同时还能减轻农业面源污染的压力。化肥减量化应用的实践在油料作物中也有相同的规律^[19]。

表 2 不同施肥处理中每盆小白菜生物量 g

处理	不同时段小白菜生物量				
	1002	1012	1022	1101	1113
1	0.72 ^a	2.03 ^b	5.50 ^b	6.30 ^b	7.65 ^c
2	0.72 ^a	2.48 ^{ab}	7.65 ^a	13.50 ^a	14.40 ^a
3	0.70 ^a	2.93 ^a	8.33 ^a	14.18 ^a	14.63 ^a
4	0.68 ^a	2.93 ^a	8.10 ^a	14.63 ^a	14.85 ^a
5	0.77 ^a	3.15 ^a	8.33 ^a	13.73 ^a	13.95 ^{ab}
6	0.74 ^a	2.70 ^a	7.65 ^a	12.60 ^a	12.83 ^b

注:数据后的小写字母不同表示在 0.05 水平上的差异显著性。

2.2.2 小白菜氮吸收量变化 蔬菜对氮素的吸收受土壤有效氮的影响,氮素含量很低,小白菜产量不高,吸收带走的氮素也很少,表 3 中处理 1(未施肥)进一步证实了这种现象。处理 2 与处理 3 比较,即小白菜生长 25 d(10 月 12 日)至 45 d(11 月 1 日)范围内,处理 3 中体内含量高于处理 2,表明在施用化肥量等同条件下,加入生物有机肥提高了小白菜对氮素的吸收(生物有机肥所含氮量低,施用量小,此处可忽略),换言之,即提高了氮素的利用率(本试验未计算肥料的利用率)。在化肥减量 15%(处理 4)及 25%(处理 5)的情况下,添加生物有机肥时,小白菜吸收氮素的总量在几个取样时间段也较高,多数高于处理 2,证

明减施氮肥 15%~25%时,加入生物有机肥不会影响小白菜对氮的吸收,当然氮素的利用率会进一步提高^[20-21]。当化肥减少施用过多,如减少 35%(处理 6),对小白菜后期吸收氮是不利的,表现为后期氮素供应乏力,植株生长不旺盛。

表 3 不同施肥处理中每盆小白菜吸收氮总量 mg

处理	不同时段小白菜吸收氮总量				
	1002	1012	1022	1101	1113
1	3.17	5.30	10.18	9.39	9.41
2	3.17	10.88	26.85	41.58	46.08
3	2.74	13.60	33.57	56.29	44.62
4	2.92	13.65	31.59	50.91	42.03
5	3.27	14.05	27.82	38.31	35.15
6	3.74	11.77	29.61	30.87	18.09

2.2.3 小白菜磷吸收量变化 磷素容易被土壤黏粒固定,未施肥与施肥处理比较虽然没有氮素的差异大,但是也十分显著。从加入生物有机肥的处理来看(处理 3—6),这种有机肥能一定程度活化土壤磷素,生长的中期(25—35 d)尤为明显,后期吸收总量虽然没有增加,但不同程度地提高了磷的利用效果。生物有机肥虽能活化土壤磷素,但随时间延长这种活化能力会不同程度地降低,主要原因可能是微生物分解了其中的有机质(表 4)。

表 4 不同施肥处理中每盆小白菜吸收磷总量 mg

处理	不同时段小白菜吸收磷总量				
	1002	1012	1022	1101	1113
1	0.115	0.302	0.791	1.308	1.624
2	0.187	0.579	1.510	3.920	3.856
3	0.175	0.697	1.722	2.812	3.953
4	0.143	0.634	1.550	3.224	4.471
5	0.177	0.743	1.512	2.977	2.677
6	0.198	0.605	1.497	2.850	3.337

2.2.4 小白菜吸收总钾量变化 钾在蔬菜体内含量高、流动性很强、易于转移,是典型的品质成分。表 5 是小白菜在不同时间段对钾的吸收结果,但未施肥处理(处理 1)中小白菜吸收钾的量也很多,与单一施入化肥及化肥与生物有机肥混合施用结果比较,没有氮素的显著,主要试验土壤中速效钾含量较高。总体来讲,加入生物有机肥能促进小白菜对钾的吸收,并提高蔬菜对钾的利用效率,在处理 2 与处理 3—6 的各个生长阶段都明显地体现出来。中国钾肥资源匮乏,价格很高,减少钾肥的施用及提高利用率势在必行,本试验显示,在一定范围内减施钾肥,混合施用生物有机肥能够满足蔬菜各个阶段的钾素需求,并能提高利用率,减少地表径流损失。

表 5 不同施肥处理中每盆小白菜吸收钾总量 mg

处理	不同时段小白菜吸收钾总量				
	1002	1012	1022	1101	1113
1	26.30	68.53	195.7	188.9	290.2
2	29.89	86.72	225.1	462.8	470.5
3	32.14	104.16	245.3	397.3	502.7
4	29.72	93.35	267.2	474.4	533.6
5	30.69	102.56	276.7	458.2	460.1
6	29.70	62.28	258.6	410.1	443.4

3 讨论与结论

目前,中国菜园土壤施肥量高、肥料利用率低、养分流失量大在业内已经形成共识,减少肥料投入总量、提高利用效率是土壤肥料工作者义不容辞的责任。适量的生物有机肥与化肥混合施用是一种很好的措施,有望在保证产量的条件下减少肥料的用量。本试验采用的生物有机肥呈弱酸性,表面富含羧基、羟基、酚羟基等极性官能团,与肥料混合施用,能有效束缚氮磷钾等肥料的移动,具有一定的缓释功效,相当于增加了土壤表面总的负电荷。培养半个月土壤样品(10月2号)中碱解氮、速效磷变化似乎与施用化肥的总量关系更大,生物有机肥的用量较少,只能在一定程度上通过其表面电荷吸引以及键合作用起着缓释效果。速效钾在土壤中背景含量较高,生物有机肥表现并不明显。在培养试验中生物有机肥如果只起着增加土壤表面负电荷的作用,其功效与有机肥就没有区别了,本试验采用的生物有机肥另外一个特点体现在含有一定的功能微生物上,这些功能细菌通过加快分解土壤外源有机物,达到释放氮、磷、钾的目的,在分解有机物的同时,活化土壤不溶态的磷、钾。在短期内,这种活化功效十分明显。

将生物有机肥与化肥混合施用,应用到小白菜的盆栽试验中,由于生物有机肥在一定时间内通过活化作用提升土壤氮、磷、钾的供给,调节水溶态和吸附、结合态的比例,在减少化肥常规用量的15%~25%条件下,对土壤供肥能力不产生明显的影响,并有减少地表径流造成土壤氮、磷、钾养分流失的可能性。盆栽小白菜生长试验表明,二者混合施用,减少常规化肥用量的15%~25%时,对小白菜的生物量、氮磷钾吸收量均不产生不利影响,并在一定程度上提高了肥料的利用率。因此,在小白菜的栽培过程中,提倡将生物有机肥与化肥混合施用,既能活化土壤氮、磷、钾,又能稳定氮、磷、钾养分的供应。

[参 考 文 献]

[1] 李雨繁,王成志,冯国忠,等.高氮复混(合)肥在不同类

- 型土壤上的氨挥发特性和氮素转化[J].水土保持学报,2014,28(5):215-220.
- [2] 申小雨,张红,张艳灵,等.汾河水库周边土壤氮流失风险评价[J].水土保持通报,2015,35(6):248-254.
- [3] 赵亮,成钢,孙鹏程.聚丙烯酰胺对地表氮素流失的影响研究[J].水土保持通报,2013,33(5):24-28.
- [4] 张桂兰,宝德俊,王英,等.长期施用化肥对作物产量和土壤性质的影响[J].土壤通报,1999,30(2):64-67.
- [5] 农业部.农业部关于印《到2020年化肥使用量零增长行动方案》和《到2020年农药使用量零增长行动方案》的通知[Z].中华人民共和国农业部公报,2015-02-17.
- [6] 张颖飞,蒋治国,堵燕钰,等.不同施肥模式对蔬菜产量及菜地氮流失的影响[J].水土保持通报,2011,31(5):54-58.
- [7] 罗煜,张玉华,赵立欣,等.生物腐植酸在低碳农业中的地位与作用[J].腐植酸,2013(1):1-4.
- [8] 章智明,黄占斌,单瑞娟.腐植酸对土壤改良作用探讨[J].环境与可持续发展,2013(3):109-111.
- [9] 孙宁科,索东让.有机肥与化肥长期配施对作物产量和灌漠土养分库的影响[J].水土保持通报,2011,31(4):42-46.
- [10] 陈玉玲.腐植酸对植物生理活动的影响[J].植物学通报,2000,17(1):11-16.
- [11] 陈静,黄占斌.腐植酸在土壤修复中的作用[J].腐植酸,2014(4):30-34.
- [12] 张玉平,刘强,荣湘民,等.有机无机肥配施对双季稻田土壤养分利用与渗漏淋失的影响[J].水土保持学报,2012,26(1):22-27.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [14] Ju Xiaotang, Kou Changlin, Zhang Fusuo, et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain[J]. Environmental Pollution, 2006, 143(1): 117-125. DOI:10.1016/j.envpol.2005.11.005.
- [15] 龚蓉,刘强,荣湘民,等.中南丘陵旱地磷肥减量对不同形态磷素养分淋失的影响[J].水土保持学报,2015,29(5):106-110.
- [16] 李春越,党廷辉,王万忠,等.腐植酸对农田土壤磷素吸附行为的影响研究[J].水土保持学报,2011,25(3):77-82.
- [17] 刘秀梅,张夫道,冯兆滨,等.风化煤腐植酸对氮、磷、钾的吸附和解吸特性[J].植物营养与肥料学,2005,11(5):641-646.
- [18] 梁太波,王振林,刘兰兰,等.腐植酸钾对生姜生长、钾素吸收及钾肥利用率的影响[J].水土保持学报,2008,22(1):87-90.
- [19] 邸云飞,胡宏祥,王闵,等.生物腐植酸配施不同量肥料对土壤性质及油菜产量的影响研究[J].中国农学通报,2015,31(9):112-118.
- [20] 彭正萍,门明新,薛世川,等.腐植酸复合肥对土壤养分转化和土壤酶活性的影响[J].河北农业大学学报,2005,28(7):1-4.
- [21] 张务帅,张建青,谷端银,等.腐植酸复合肥对苹果生长及土壤肥力的影响[J].水土保持学报,2015,29(2):177-182.