西北农业学报 2020,29(6):958-967
Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica

网络出版日期:2020-06-02 doi:10.7606/j.issn.1004-1389.2020.06.018
网络出版地址:http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20200601.1510.018.html

生物有机肥部分替代化肥对韭菜生长生理及肥料利用率的影响

何东霞,颉建明,何志学,王 成,牛天航,吕 剑,郁继华
(甘肃农业大学 园艺学院,兰州 730070)

摘 要 以多层覆盖塑料大棚越冬韭菜为试验材料,不施肥(CK)和常规施肥(CF)作为对照,设化肥减施20% 配施生物有机肥 3 000 kg/hm²(T1)、化肥减施 20%配施生物有机肥 6 000 kg/hm²(T2)、化肥减施 30% 配施生物有机肥 3 000 kg/hm²(T3)和化肥减施 30% 配施生物有机肥 6 000 kg/hm²(T4)4 个配施处理,探究生物有机肥部分替代化肥对韭菜生长、品质、产量及肥料利用率的影响。结果表明:生物有机肥部分替代化肥较 CF 处理显著促进韭菜株高及根系活力,同时产量增加 7.30%~10.57%,维生素 C、可溶性蛋白及可溶性糖的含量分别增加 19.67%~39.34%、7.45%~22.98%、12.39%~33.19%,硝酸盐、粗纤维分别降低 14.84%~27.26%、8.7%~18.52%;较 CF 处理,各配施处理促进韭菜根、茎、叶氮磷钾积累量,氮磷肥利用率分别增加 61.30%~141.47%、312.63%~429.82%,且配施处理以 T2 为最优处理。在同一生物有机肥配施水平下,化肥减施量的增加不利于养分积累和产量的提高;在同一化肥减施水平下,增施生物有机肥可显著促进韭菜生长,同时产量及养分积累随生物有机肥的增施而提高。因此,生物有机肥部分替代化肥能够在提高韭菜产量的同时改善产品品质、增强肥料肥效。

关键词 韭菜;化肥;生物有机肥;品质;肥料利用率
中图分类号 S633.3 **文献标志码** A **文章编号** 1004-1389(2020)06-0958-10

随着人民生活水平的不断提高,蔬菜已逐步成为农民创收的主要农业产品,对促进农村经济发展起到极其重要的作用[1-2]。其中,保护地栽培更是因其规模化、产业化、周年生产的特点得到了充分的发展[3]。但在蔬菜产业快速发展的过程中,化肥的过度施用所造成的品质下降、资源浪费、环境污染等问题严重影响蔬菜产业的可持续发展[4-6]。据统计,化肥施用量增长的主要原因之一是单位面积化肥施用量的增加,因此,消减单位面积化肥施用量成为实现中国化肥"减量化"的重要途径[7]。

基于高产、高效、环境友好的现代农业发展角度,生物有机肥配施减量化肥已被广泛应用[8]。其中,生物有机肥是以畜禽粪便等农业废弃物经发酵、腐熟而成的一类兼具增肥和活菌的新型有机肥料,其所含的有机、无机营养成分可直接供给作物养分,有益微生物在其代谢过程中产生的活性物质可促进土壤养分转化、改善根际微域环境,是促进作物高产、提高土壤肥力的有效途径[9-10]。研究表明,有机-无机肥料的配施是促进作物高产、提高养分利用效率,达到减肥增效的有效措施[9,11]。从改善土壤环境和增加产业效益角度来看,生物有机肥配施化肥将成为中国肥料施用的主要发展方向[12]。近年来,研究者多在茄科作物[8,13]、水稻[14]、小麦[15]等作物上进行了试验,寻找适宜的有机无机配施方案以确保作物高产优质,但对于作为中国特色蔬菜的韭菜尚未涉足。

韭菜(*Allium tuberosum* Rottl. ex Spreng)属典型的葱属植物,在中国蔬菜供应产业中占有极其重要的地位,是反季节保护地栽培的主要作物之一。在其传统栽培模式下,一味追求高产所导致肥料的不合理施用现象尤为突出。因此,本试验以不施肥和常规施肥为对照,设置生物有机肥部分替代化肥,以揭示其对韭菜产量、品质及肥料

收稿日期:2019-12-24 **修回日期**:2020-03-25
基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0201005);甘肃省引导科技创新发展专项(2018ZX02);甘肃省瓜菜产业技术体系专项(GARS-GC-1)。
第一作者:何东霞,女,硕士研究生,从事设施蔬菜栽培生理与生长调控研究。E-mail:2213400215@qq.com
通信作者:颉建明,男,教授,博士生导师,主要从事蔬菜学和设施农业研究。E-mail:xiejianming@gsau.edu.cn

利用率的影响,旨在探寻韭菜种植模式中合理的施肥制度以保障作物高产优产,增加农民效益。

1　材料与方法

1.1　材 料

选用'久星 21 号'韭菜(河南省平顶山市农业科学研究所选育)为试材,于 2018-05-20 定植。供试肥料为尿素[w(N)=46%],过磷酸钙[w(P_2O_5)=12%],硫酸钾[w(K_2SO_4)=51%],生物有机肥由甘肃绿能瑞奇生物技术有限公司提供,其中每克有效活菌数为 2×10^7 CFU/g,氮磷钾含量 5%,有机质含量 40%;试验地土壤(0～20 cm)基本理化性质为:全氮 1.79 g/kg,碱解氮 49.12 mg/kg,速效磷 37.99 mg/kg,速效钾 195.67 mg/kg,有机质 14.51 g/kg,电导率 261.67 μS/cm,pH 7.89。

1.2　试验设计

试验于甘肃省天水市武山县清池村多层塑料覆盖大棚韭菜越冬生产种植基地进行,试验棚面积为 397.5 m^2,韭苗剪根(留根 2～3 cm)去梢(留 6～7 cm),以行距 20 cm、株距 10 cm 定植。试验共设 6 个处理,包括两个对照处理,即不施肥(CK)及常规施用化肥(CF);另有 4 个化肥与生物有机肥配施处理:化肥减施 20%配施生物有机肥 3 000 kg/hm^2(T1)、化肥减施 20% 配施生物有机肥 6 000 kg/hm^2(T2)、化肥减施 30% 配施生物有机肥 3 000 kg/hm^2(T3)和化肥减施 30%配施生物有机肥 6 000 kg/hm^2(T4)。每处理重复 3 次,采用随机区组设计排列小区,小区面积为 15 m^2。常规施肥量为当地施肥量,化肥减施 20%、30%为常规施肥总量的基础上依据平衡施肥分别减施,即 T1、T2 处理中化肥施用量为常规施肥总量减施 20%(N 减施 22.4%,P_2O_5 减施 62.7%,K_2O 增施 144.7%),T3、T4 处理中化肥施用量为常规施肥总量减施 30%(N 减施 31.8%,P_2O_5 减施 67.3%,K_2O 增施 113.6%)。定植前(2018-05-05)一次性施入鸡粪 4 200 kg/hm^2 后深翻土壤;分别于韭菜养根期和生产期两个时期进行施肥,养根期施肥以该时期施肥总量的 30%、30%、40%分别于 5 月 15 日、6 月 28 日、8 月 27 日撒施施入,生产期所需肥料于扣棚(11 月 19 日)前两日一次性施入,各处理田间管理措施一致。具体施肥量如表 1 所示。

表 1　试验各处理施肥量

Table 1　Amount of fertilizer application of each treatment　　kg/hm^2

处理 Treatment	N		P_2O_5		K_2O		生物有机肥 Bio-organic fertilizer			养分总量 Total nutrient amount
	养根期 Rooting period	生产期 Production period	养根期 Rooting period	生产期 Production period	养根期 Rooting period	生产期 Production period	N	P_2O_5	K_2O	
CK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF	298.5	357.0	394.5	165.0	46.5	108.0	0	0	0	1 369.5
T1	274.5	234.0	112.5	96.0	204.0	174.0	83.1	32.4	45.0	1 255.5
T2	274.5	234.0	112.5	96.0	204.0	174.0	166.2	64.8	90.0	1 416.0
T3	241.5	205.5	99.0	84.0	178.5	151.5	83.1	32.4	45.0	1 120.5
T4	241.5	205.5	99.0	84.0	178.5	151.5	166.2	64.8	90.0	1 281.0

1.3　测定项目及方法

韭菜生产期分别于 2019 年 1 月 29 日、2 月 22 日、3 月 30 日进行采收,采收时各小区分别测产、并随机选取 9 穴韭菜,带回实验室用于测定养分指标,并于第一次采收时测定生长指标及品质指标。

1.3.1　*生长指标*　使用直尺测定韭菜株高(茎基部至生长点的距离),并记录分蘖数;取适量鲜根,采用红四氮唑法(TTC 法)测定根系活力[16]。

1.3.2　*营养品质*　维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚钠染色法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 溶液法测定;硝酸盐含量采用水杨酸法测定[17];粗纤维含量采用燃烧称重法测定[18]。

1.3.3　*植株养分含量*　分别测定根、茎、叶的鲜质量后置于烘箱杀青、烘干至恒量,测定各部分干质量;采用 H_2SO_4-H_2O_2 法消煮后,分别采用凯氏定氮法测定全氮,钼锑抗比色法测定全磷,火焰光度法测定全钾[19]。

1.3.4　*土壤养分含量*　取根际土壤置于通风处

自然风干、过筛，采用碱解扩散法测定碱解氮；采用 $NaHCO_3$ 浸提—钼蓝比色法测定速效磷；采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定速效钾；采用重铬酸钾容量法测定有机质(SOM)；使用电导率仪、pH 仪分别测定土壤电导率和 pH[20]。

养分利用率[21]与表观平衡[22]计算公式如下：

氮(磷、钾)肥利用率＝[施肥区地上部作物氮(磷、钾)积累量—不施肥区地上部作物氮(磷、钾)积累量]/氮(磷、钾)肥投入量×100%

养分表观平衡系数＝投入土壤中的养分/地上部带出土壤中的养分

养分实际平衡率＝(投入养分－支出养分)/支出养分×100%。

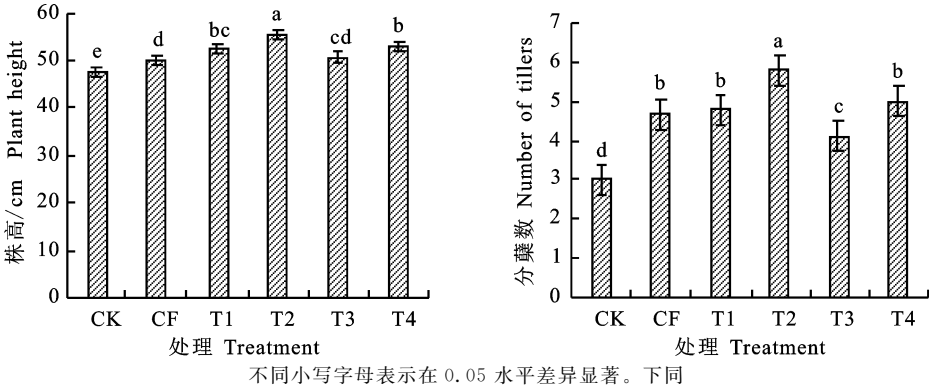
1.4 数据分析

采用 Excel 2016 进行数据统计分析和作图，用 SPSS 22.0 进行单因素方差分析，并采用 Duncan's 进行多重比较($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 生物有机肥部分替代化肥对韭菜生长的影响

2.1.1 对韭菜株高和分蘖数的影响 由图 1 可以看出，生物有机肥部分替代化肥显著影响韭菜株高和分蘖数($P<0.05$)。与 CF 处理相比，T2 处理韭菜株高提高最为显著，提高 10.89%，在 T1、T3、T4 处理下分别提高 4.50%、1.33%、5.78%。同一化肥减施水平下，韭菜株高随着生物有机肥施用量的增加而增高，T2 较 T1 处理提高 6.11%，T4 较 T3 处理提高 4.38%。韭菜分蘖数的变化趋势和株高相似，T2 处理分蘖数显著高于 CF 处理，T3 处理较 CF 处理分蘖数降低，T1、T4 处理的分蘖数与 CF 处理无显著差异。说明生物有机肥部分替代化肥对韭菜生长有明显的促进作用，且在 T2 处理下最显著。



不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同

Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below

图 1 生物有机肥部分替代化肥韭菜株高和分蘖数

Fig. 1 Plant height and tiller number of Chinese chives under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

2.1.2 对韭菜根系活力的影响 各施肥处理下韭菜根系活力的变化如图 2 所示，生物有机肥部分替代化肥的各处理对韭菜根系活力影响显著。其中 T2 处理效果最佳，较 CF 提高 25.76%，T1、T3、T4 处理较 CF 处理根系活力均有提高。且在同一化肥减施水平下，根系活力随生物有机肥的增加而提高，T2 较 T1 处理提高 14.72%，T4 较 T3 处理提高 7.61%。

2.2 生物有机肥部分替代化肥对韭菜营养品质的影响

从表 2 可以看出，各处理下韭菜维生素 C 含量为 0.57～0.85 mg/g，以 T2 处理最高。与 CF 处理相比，T1、T2、T3、T4处理分别提高

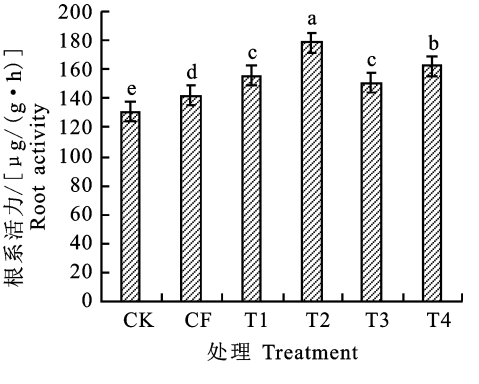


图 2 生物有机肥部分替代化肥韭菜根系活力

Fig. 2 Root activity of Chinese chives under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

22.95%、39.34%、19.67%、29.51%。同一化肥减施水平下,T2 较 T1 处理维生素 C 含量提高 13.33%,T4 较 T3 处理维生素 C 含量提高 8.23%;同一生物有机肥配施水平下,T3、T4 较 T1、T2 处理维生素 C 含量差异不显著。表明生物有机肥部分替代化肥有利于提高韭菜维生素 C 含量,且 T2 处理对维生素 C 含量提高的最为显著,且在化肥施用量一定时,生物有机肥的增施促进韭菜维生素 C 的合成。

韭菜中可溶性糖和可溶性蛋白含量在各处理下分别为 2.20%～3.01%、1.49～1.98 mg/g,且均以 T2 处理最高,较 CF 处理,T2 处理下可溶性糖提高 33.19%、可溶性蛋白提高 22.98%;T1、T3、T4 处理可溶性糖含量分别提高 23.45%、12.39%、27.43%,可溶性蛋白分别提高 13.04%、7.45%、10.56%。在同一化肥减施水平下,T2 较 T1 处理可溶性糖提高 7.89%、可溶性蛋白提高 8.79%;T4 较 T3 处理可溶性糖提高 13.39%、可溶性蛋白提高 2.89%;同一生物有机肥配施水平下,T3 较 T1 处理可溶性糖降低 8.96%、可溶性蛋白降低 4.95%,T4 较 T2 处理可溶性糖降低 4.32%、可溶性蛋白降低 10.10%。

硝酸盐含量和粗纤维是评价叶菜类蔬菜的重要品质指标。由表 2 可以看出,生物有机肥部分替代化肥处理下硝酸盐、粗纤维含量降低。其中 T4 处理下硝酸盐含量最低,较 CF 处理降低 27.26%,T1、T2、T3 较 CF 处理硝酸盐含量分别降低 16.06%、14.84%、23.98%。T1、T2、T3、T4 较 CF 处理粗纤维分别降低 18.52%、14.81%、13.56%、8.7%,在相同生物有机肥配施水平下,T3 较 T1 处理粗纤维含量增加 6.09%、T4 较 T1 处理增加 7.22%;在同一化肥减施水平下,T2 较 T1 处理粗纤维含量增加 4.55%、T4 较 T3 处理增加 5.66%。

表 2　生物有机肥部分替代化肥韭菜营养品质($\bar{x}\pm s_{\bar{x}}$)

Table 2　Nutritional quality under treatment of partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

处理 Treatment	维生素 C/(mg/g) Vitamin C	可溶性糖/% Soluble sugar	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein	硝酸盐/(mg/g) Nitrate	粗纤维/% Crude fiber
CK	0.57±0.03 c	2.20±0.35 d	1.49±0.19 e	322.37±16.45 d	11.50±0.29 cd
CF	0.61±0.32 c	2.26±0.58 d	1.61±0.09 d	449.38±16.17 a	13.50±0.29 a
T1	0.75±0.12 b	2.79±0.08 b	1.82±0.23 b	377.19±13.51 bc	11.00±0.29 cd
T2	0.85±0.17 a	3.01±0.57 a	1.98±0.32 a	382.68±5.60 b	11.50±0.33 d
T3	0.73±0.10 b	2.54±0.60 c	1.73±0.03 c	341.56±11.97 cd	11.67±0.67 bc
T4	0.79±0.50 ab	2.88±0.29 ab	1.78±0.10 bc	326.89±4.36 d	12.33±0.33 ab

注:同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note:Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

2.3　生物有机肥部分替代化肥对韭菜产量的影响

如表 3 所示,各处理总产量大小依次为:T2>T4>T1>T3>CF>CK。CF 较 CK 处理增产 31.47%;T1、T2、T3、T4 较 CF 处理分别增产 7.30%、10.57%、4.71%、7.88%,在相同化肥减施水平下,T2 较 T1 处理增产率提高 44.79%,T4 较 T3 处理增产率提高 67.30%。结果表明生物有机肥部分替代化肥显著提高韭菜产量,且在化肥施用量一致的情况下,增施生物有机肥可促进韭菜高产。

表 3　生物有机肥部分替代化肥韭菜产量($\bar{x}\pm s_{\bar{x}}$)

Table 3　Chinese chives yield under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

处理 Treatment	产量/(kg/hm²) Yield			总产量/(kg/hm²) Total yield	增产率/% Rate of growth
	第 1 次 First time	第 2 次 Second time	第 3 次 Third time		
CK	12 578±280.81 c	10 823±257.58 d	8 726±442.18 d	32 126±943.70 e	—
CF	16 178±225.13 b	14 378±66.24 c	11 681±171.97 c	42 236±462.71 d	31.47
T1	17 022±131.07 a	15 779±294.94 a	12 519±234.01 abc	45 320±617.75 ab	7.30
T2	17 423±138.91 a	16 089±284.18 a	13 191±157.01 a	46 703±536.81 a	10.57
T3	17 133±165.54 a	14 955±134.63 bc	12 140±175.29 bc	44 228±406.39 c	4.71
T4	17 244±39.55 a	15 378±311.19 ab	12 941±418.32 ab	45 563±628.9 ab	7.88

注:CF 处理增产基于 CK 处理;配施处理增产基于 CF 处理。

Note:CF treatment increases yield based on CK treatment; combined treatment increases yield based on CF treatment.

2.4 生物有机肥部分替代化肥对韭菜养分利用及分配率的影响

2.4.1 对韭菜不同器官氮素积累、分配率及氮肥利用率的影响 如表 4 所示，不同施肥处理下，氮肥利用率在 T2 处理下最高，为 20.09%。T1、T2、T3、T4 处理较 CF 处理氮肥利用率分别提高 93.27%、141.47%、61.30%、97.12%。表明生物有机肥部分替代化肥利于提高氮肥利用率。各器官的氮素积累量以 T2 处理最高，与 CF 处理相比，根、茎、叶氮素积累量分别提高 72.17%、46.99%、49.00%；同一化肥减施水平下，T2 较 T1 处理根、茎、叶氮素积累量分别增加 24.52%、21.14%、13.85%，T4 较 T3 处理根、茎、叶氮素积累量依次增加 18.16%、3.72%、10.46%。同一生物有机肥施用水平下，T3 较 T1 处理根、叶氮素积累量分别降低 15.51%、26.62%，茎氮素积累量增加 3.04%；T4 较 T2 处理根、茎、叶氮素积累量分别降低 19.85%、11.74%、28.49%。各器官氮素分配率以功能叶最高，根系次之，茎最小。

表 4 生物有机肥部分替代化肥韭菜不同器官氮素积累、分配率及氮肥利用率($\bar{x}\pm s_{\bar{x}}$)

Table 4 Nitrogen accumulation, distribution rate and nitrogen utilization efficiency in different organs of Chinese chives under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

处理 Treatment	根 Root		茎 Stem		叶 Leaf		氮肥利用率/% Nitrogen utilization rate
	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	
CK	7.23±0.98 d	22.13±1.17 c	5.17±0.28 d	15.76±0.16 c	20.38±1.07 e	62.12±1.19 a	—
CF	21.27±1.73 c	24.41±0.88 bc	15.28±0.37 c	17.44±0.67 b	50.63±0.05 cd	58.15±0.38 b	8.32
T1	29.41±1.72 b	25.73±0.85 ab	18.54±0.02 b	16.15±0.58 bc	66.55±1.08 b	58.17±0.32 b	16.08
T2	36.62±1.69 a	27.20±0.55 ab	22.46±0.63 a	16.75±0.36 bc	75.44±2.60 a	56.06±0.45 b	20.09
T3	24.84±1.28 bc	26.77±1.10 ab	19.11±0.93 b	20.58±0.65 a	48.83±1.77 d	52.65±1.72 c	13.42
T4	29.35±4.07 b	28.27±1.44 a	19.82±0.34 b	19.29±0.18 a	53.94±0.95 c	52.44±1.08 c	16.40

2.4.2 对韭菜不同器官磷素积累、分配及磷肥利用率的影响 表 5 表明，各施肥处理下磷肥利用率以 T2 处理最高，为 15.10%。与 CF 处理相比，T1、T2、T3、T4 处理磷肥利用率分别提高 345.96%、429.82%、312.63%、356.14%，在同一化肥减施水平下，T2 较 T1 处理磷肥利用率提高 18.80%，T4 较 T3 处理磷肥利用率提高 10.54%。

不同施肥处理下各器官磷素积累量存在显著差异(表 5)。与 CF 处理相比，根、茎、叶磷素积累量在 T2 处理下分别增加 54 .53%、64.12%、47.60%；同一化肥减施水平下，T2 较 T1 处理根、茎、叶磷素积累量分别增加 15.01%、26.99%、5.00%，T4 较 T3 处理根、茎、叶磷素积累量分别增加 24.49%、24.60%、24.26%。同一生物有机肥减施水平下，T3 较 T1 处理磷素积累量分别降低 21.69%、11.20%、35.36%，T4 较 T2 处理磷素积累量分别降低 15.21%、12.94%、23.51%。从各器官磷素分配率来看，功能叶上磷素分配率最高，其次为根，茎最低。

2.4.3 对韭菜不同器官钾素积累、分配率及钾肥利用率的影响 如表 6 所示，不同施肥处理下钾肥利用率存在显著差异。在 CF、T1、T2、T3、T4 处理下钾肥利用率分别为 20.27%、12.47%、15.97%、11.64%、14.92%。较 CF 处理，各配施处理下钾肥利用率降低。

不同施肥处理下根、茎、叶钾素积累量以 T2 处理最高，较 CF 处理分别提高 57.96%、56.18%、42.63%。同一化肥减施水平下，T2 较 T1 处理根、茎、叶磷素积累量分别增加 22.76%、30.36%、12.05%，T4 较 T3 处理根、茎、叶磷素积累量分别增加 26.95%、19.47%、13.27%。在同一生物有机肥施用水平下，T3 较 T1 处理根、叶钾素积累量分别降低 10.73%、22.38%，茎钾素积累量增加 9.55%；T4 较 T2 处理根、叶钾素积累量分别降低 7.73%、21.56%，茎钾素积累量增加 0.47%。各器官钾素分配以功能叶最高，根系次之，茎最少。

2.4.4 对土壤氮、磷、钾平衡的影响 施肥对土壤—韭菜养分平衡体系产生一定的影响，如表 7 所示，土壤氮、磷、钾在各施肥处理下均处于盈余状态，在 CK 处理下均处于亏缺状态。其中，CF 处理下，氮素、磷素实际平衡率分别达 253.89%、831.12%，表明土壤中氮素和磷素处于盈余状态，

表 5　生物有机肥部分替代化肥韭菜不同器官磷素积累、分配率及磷肥利用率($\bar{x}\pm s$)

Table 5　Phosphorus accumulation, distribution rate and phosphorus utilization efficiency in different organs of Chinese chives under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

处理 Treatment	根 Root		茎 Stem		叶 Leaf		磷肥利用率/% Phosphorus utilization rate
	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	
CK	2.96±0.37 d	22.41±0.74 c	2.58±0.20 e	19.23±0.40 d	7.85±0.75 d	58.35±0.48 a	—
CF	8.38±0.14 c	28.71±0.44 ab	6.02±0.82 d	20.54±0.46 c	14.79±0.06 bc	50.74±0.34 c	2.85
T1	11.26±0.71 b	28.26±0.44 ab	7.78±0.65 bc	19.47±0.47 bc	20.79±0.45 a	52.27±0.39 b	12.71
T2	12.95±0.35 a	28.98±0.28 a	9.88±0.30 a	22.17±0.52 b	21.83±0.80 a	48.85±0.25 d	15.10
T3	8.82±0.59 c	30.27±0.34 a	6.91±0.53 cd	23.68±0.24 a	13.44±1.08 c	46.06±0.37 e	11.76
T4	10.98±0.39 b	30.10±0.66 a	8.61±0.27 ab	23.79±0.26 a	16.70±0.70 b	46.11±0.29 e	13.00

表 6　生物有机肥部分替代化肥韭菜不同器官钾素积累、分配率及钾肥利用率($\bar{x}\pm s_{\bar{x}}$)

Table 6　Potassium accumulation, distribution rate and potassium utilization efficiencyin different organs of Chinese chives under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

处理 Treatment	根 Root		茎 Stem		叶 Leaf		钾肥利用率/% Potassium utilization rate
	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	积累量/(kg/hm²) Accumulation	分配率/% Distribution rate	
CK	10.05±0.43 e	34.32±0.97 a	4.02±0.26 d	13.66±0.12 bc	15.35±1.56 d	52.01±1.25 d	—
CF	14.51±0.87 d	24.01±0.44 c	8.33±1.02 c	13.77±0.64 bc	37.56±0.34 c	62.23±1.48 a	20.27
T1	18.67±1.48 bc	24.37±0.78 c	9.98±1.01 bc	13.00±0.38 c	47.81±0.66 ab	62.63±0.23 a	12.47
T2	22.92±0.66 a	25.62±0.57 bc	13.01±0.65 a	14.61±0.48 b	53.57±3.03 a	59.77±0.37 ab	15.97
T3	16.66±0.99 cd	24.61±0.36 c	10.94±0.36 ab	16.15±0.89 a	37.11±4.32 c	59.24±0.38 b	11.64
T4	21.15±0.73 ab	27.57±0.55 b	13.07±0.38 a	17.21± 0.43 a	42.02±1.03 bc	55.22± 1.00 c	14.92

特别是磷素表现为大量盈余状态,而钾素实际平衡率为 22.48%,土壤中钾素盈余较低;较 CF 处理,各配施施肥处理下氮素、磷素平衡系数和实际平衡率降低,其中磷素平衡系数在 T1 处理下降低 83.78%,钾素平衡系数和实际平衡率大幅提高,T3 处理下钾素平衡系数增高 73.77%;化肥减施 30%时较减施 20%更有利于土壤养分的盈余,表明化肥的施用是影响土壤养分盈余的重要因子。

表 7　生物有机肥部分替代化肥土壤氮、磷、钾平衡

Table 7　N, P, K balance in soil under partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer

处理 Treatment	N		P		K	
	平衡系数 Index of balance	实际平衡率/% Actual equilibrium rate	平衡系数 Index of balance	实际平衡率/% Actual equilibrium rate	平衡系数 Index of balance	实际平衡率/% Actual equilibrium rate
CK	0.59	−41.20	0.77	−22.80	0.25	−74.67
CF	3.54	253.89	9.31	831.12	1.22	22.48
T1	2.49	149.11	1.51	50.55	2.11	110.65
T2	2.45	144.78	1.51	50.57	2.02	101.85
T3	2.82	181.92	1.62	61.81	2.12	112.48
T4	2.85	184.76	1.68	67.82	2.10	110.09

3　讨 论

生物有机肥部分替代化肥经大量研究证明是可行的,合理的配施制度对作物的生长、产量、品质产生积极影响[23-24]。本研究发现,生物有机肥部分替代化肥对韭菜的生长有显著影响。在一定

化肥减施水平下，T1、T2 处理显著提高了韭菜株高和分蘖数，且随生物有机肥的增加作用效果越显著；T3、T4 处理韭菜的株高和分蘖数较 T2 处理有所下降，这与张雪艳等[25]在对黄瓜的研究结果相似。在一定生物有机肥水平下随化肥减施量的增加，根系活力有所降低。说明减施化肥并配施适量生物有机肥能够促进作物生长，提高根系活力，但过量减施不利于作物生长。

研究表明，有机肥的施用对蔬菜品质具有一定的影响。Verma 等[26]在研究生物有机肥和化肥对甘蓝生长的影响中发现，生物有机肥对甘蓝的产量、粗纤维、维生素 C、总糖等营养品质和物理性状均有显著影响。徐大兵等[27]在有机氮肥替代减施化肥对辣椒养分吸收及品质影响中指出：有机氮配施减量化肥时辣椒的品质、产量均优于单施化肥，且能降低辣椒的硝酸盐含量。本试验发现，与 CF 处理相比，生物有机肥部分替代化肥处理显著增加韭菜维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白的含量，降低硝酸盐、粗纤维含量；在一定生物有机肥配施水平下，T3、T4 较 T1、T2 处理维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白含量有所降低，同时随化肥减施量的增加硝酸盐含量增加、粗纤维含量有所降低；在同一化肥减施水平下，随着生物有机肥施入量的增加粗纤维含量增加。这一结论与程晓彬等[23]在减量氮肥对小白菜生长的影响中的研究结果相符。同时，韭菜产量受不同施肥处理的影响较大，配施处理产量显著高于 CF 处理，且在 T2 处理产量达最高，这一结论和 Brunetti 等[28]在有机无机配施对番茄的影响中的结论相符。结果表明生物有机肥部分替代化肥能够在提高作物产量的同时改善其营养品质，且随着化肥施用量的减少，硝酸盐含量降低。

营养元素的积累和分配是作物生长的决定因素，不同的施肥模式对养分的积累和分配有较大的影响[12,29]。长期以来，传统种植模式中通常以大量施肥为手段以期达到促进作物吸收养分，从而获得高产的目的。研究证明，合理减少化肥施用量对作物产量有促进作用[30]。汤宏等[31]在辣椒和郑少玲等[32]在芥蓝的研究中指出：施用生物有机肥可大幅度提高作物地上部的氮磷钾积累量。本试验中，生物有机肥部分替代化肥显著增加了韭菜根、茎、叶养分积累量，同一化肥施用水平下，增施生物有机肥有利于养分积累。同一生物有机肥施用水平下，化肥减施 20％时更有利于氮素、磷素积累，尤其促进根系对氮的吸收；化肥减施 20％时，利于茎对钾素的吸收，化肥减施 30％时，利于根对钾素的吸收，依据根、茎、叶对钾素的吸收，发现化肥减施 20％时更利于各器官对钾素的吸收；综合各器官对养分的吸收，化肥减施 30％时养分积累效果较化肥减施 20％时有所降低，这是由于化肥减施 30％与配施的生物有机肥的协同效应有所降低，即生物有机肥与化肥配施对作物生长发育的促进作用减弱，作物根系分泌物随之减少，土壤养分转化速率降低，土壤速效养分的积累随之减少，不利于作物养分大量积累[33-35]。

本试验研究发现，生物有机肥部分替代化肥增加氮、磷肥利用率，降低钾肥利用率；与 CF 处理相比，T2 处理下氮、磷肥利用率显著增加，T3 处理下氮、磷肥利用率降低，T1 和 T4 处理之间无显著差异，结果表明适量生物有机肥配施合理化肥有利于提高作物氮、磷肥的利用率。这一结果与蒲瑶瑶等[36]在有机肥部分替代化肥对西瓜养分利用的研究相似，即生物有机肥部分替代化肥较单施化肥提高氮、磷肥的利用率。有研究表明，由于过量施用化肥所导致中国农田养分平衡现状表现出氮素、磷素处于大量盈余状态[37]。同样在本研究中 CF 处理下氮素、磷素大量盈余，在一定生物有机肥施用水平下，氮、磷肥减量有效降低土壤养分盈余，避免养分大量流失对环境造成污染，同时钾肥的增施使得土壤钾素盈余增加、土壤供钾强度增强。因此合理施用化肥是维持土壤养分平衡的关键。

4 结 论

与常规施用化肥(CF)相比，生物有机肥部分替代化肥显著促进韭菜生长、提高韭菜产量；改善其营养品质，同时增加氮磷肥利用率，促进土壤养分平衡。综合来看，T2 处理(化肥减施 20％配施生物有机肥 6 000 kg/hm^2)为最优处理，较 CF 处理，韭菜产量、维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白含量显著增加，硝酸盐含量明显降低，同时氮磷肥料利用率分别提高 20.09％、15.10％。因此，生物有机肥部分替代化肥是促进韭菜高产优质、实现肥料高效利用、达到减肥增效的有效途径。

参考文献 Reference：

[1] 李斯更，王娟娟. 我国蔬菜产业发展现状及对策措施[J].

中国蔬菜,2018(6):1-4.
LI S G,WANG J J. The development status and countermeasures of vegetable industry in China[J]. *China Vegetables*,2018(6):1-4.

[2] 王　欢. 我国蔬菜生产效率及其时空效应研究[D]. 北京:中国农业大学,2018.
WANG H. The research on vegetable production efficiency and its time and space effect in China[D]. Beijing:China Agricultural University,2018.

[3] 孙　锦,高洪波,田　婧,等. 我国设施园艺发展现状与趋势[J]. 南京农业大学学报,2019,42(4):594-604.
SUN J,GAO H B,TIAN J,*et al*. Development status and trend of protected horticulture in China[J]. *Journal of Nanjing Agricultural University*,2019,42(4):594-604.

[4] 黄绍文,唐继伟,李春花,等. 我国蔬菜化肥减施潜力与科学施用对策[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(6):1480-1493.
HUANG SH W,TANG J W,LI CH H,*et al*. Reducing potential of chemical fertilizers and scientific fertilization countermeasure in vegetable production in China[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*,2017,23(6):1480-1493.

[5] 王腾飞,谭长银,曹雪莹,等. 长期施肥对土壤重金属积累和有效性的影响[J]. 农业环境科学学报,2017,36(2):257-263.
WANG T F,TAN CH Y,CAO X Y,*et al*. Effects of long-term fertilization on the accumulation and availability of heavy metals in soil[J]. *Journal of Agro-Environment Science*,2017,36(2):257-263.

[6] 唐　宇,包慧芳,詹发强,等. 化肥减施条件下配施生物有机肥对番茄生长及品质的影响[J]. 新疆农业科学,2019,56(5):841-854.
TANG Y,BAO H F,ZHAN F Q,*et al*. Effect of combined application of bio-organic fertilizer on tomato growth and quality under the condition of chemical fertilizer reduction[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*,2019,56(5):841-854.

[7] 王善高,田　旭,周应恒. 中国农业化肥施用量增长原因分解及其削减潜力分析[J]. 生态经济,2019,35(3):115-121.
WANG SH G,TIAN X,ZHOU Y H. Analysis on the reasons for increase of agricultural chemical fertilizer in China and the potential of reducind it[J]. *Ecological Economy*,2019,35(3):115-121.

[8] 刘　莉,刘　静. 基于种植结构调整视角的化肥减施对策研究[J]. 中国农业资源与区划,2019,40(1):17-25.
LIU L,LIU J. Study on the path of chemical fertilizer reduction from the perspective of planting structure adjustment[J]. *Journal of China Agricultural Resources and Regional Planning*,2019,40(1):17-25.

[9] 赵满兴,刘　慧,白二磊,等. 腐殖酸肥或生物有机肥替代部分化肥对土壤肥力、红枣产量和品质的影响[J]. 西北农业学报,2019,28(6):981-987.
ZHAO M X,LIU H,BAI E L,*et al*. Effects of combined application of chemical fertilizer with humic acid and bio-organic fertilizer on soil fertility and jujube yield and qualtiy[J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*,2019,28(6):981-987.

[10] 汪小涵,钱　磊,韦殿菊,等. 我国生物有机肥研究与应用进展[J]. 现代农业科技,2019(4):160-161,163.
WANG X H,QIAN L,WEI D J,*et al*. Research and application progress of bio-organic fertilizer in China[J]. *Modern Agricultural Science and Technology*,2019(4):160-161,163.

[11] 吕真真,吴向东,侯红乾,等. 有机—无机肥配施比例对双季稻田土壤质量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2017,23(4):904-913.
LÜ ZH ZH,WU X D,HOU H Q,*et al*. Effects of different application ratio of chemical and organic fertilizers on soil quality in double cropping paddy fields[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*,2017,23(4):904-913.

[12] 陶　磊,褚贵新,刘　涛,等. 有机肥替代部分化肥对长期连作棉田产量、土壤微生物数量及酶活性的影响[J]. 生态学报,2014,34(21):6137-6146.
TAO L,CHU G X,LIU T,*et al*. Impacts of organic manure partial substitution for chemical fertilizer on cotton yield,soil microbial community and enzyme activities in mono-cropping system in drip irrigation condition[J]. *Acta Ecologica Sinica*,2014,34(21):6137-6146.

[13] 王　瑶. 生物肥部分替代化肥对基质栽培辣椒生长生理和养分利用的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2018.
WANG Y. Effects of partial substitution of chemical fertilizer by biofertilizer on growth physiology and nutrient utilization of pepper by substrate cultivation[D]. Lanzhou:Gansu Agricultural University,2018.

[14] 陆海飞,郑金伟,余喜初,等. 长期无机有机肥配施对红壤性水稻土微生物群落多样性及酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(3):632-643.
LU H F,ZHENG J W,YU X CH,*et al*. Microbial community diversity and enzyme activity of red paddy soil under long-term combined inorganic-organic fertilization[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*,2015,21(3):632-643.

[15] 梁　路,马　臣,张　然,等. 有机无机肥配施提高旱地麦田土壤养分有效性及酶活性[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(4):544-554.
LIANG L,MA CH,ZHANG R,*et al*. Improvement of soil nutrient availability and enzyme activity in rainfed wheat field by combined application of organic and inorganic fertilizers[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizers*,2019,25(4):544-554.

[16] 邹　琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社,2000:62-72.
ZHOU Q. Experimental Guidance of Plant Physiology[M]. Beijing:China Agricultural Press,2000:62-72.

[17] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2005.
GAO J F. Experimental Guidance of Plant Physiology[M]. Beijing:Higher Education Press,2005.

[18] 毛秀云,乐也国,孙淑华. 应用 SLQ-6 型测定仪法测定粗纤维[J]. 黑龙江粮食,2004(1):40-41.
MAO X Y,LE Y G,SUN SH H. Determination of crude fiber by SLQ-6 tester[J]. *Heilongjiang Grain*,2004(1):40-41.

[19] 鲁如坤,土壤农化分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
LU R K. Methods for Agricultural Chemical Analysis of

Soil [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.

[20] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学出版社, 1999.
LU R K. Analytical Method of Soil Agricultural Chemistry [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1999.

[21] 易 琼, 张秀芝, 何 萍, 等. 氮肥减施对稻-麦轮作体系作物氮素吸收、利用和土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(5): 1069-1077.
YI Q, ZHANG X ZH, HE P, *et al*. Effects of reducing N application on crop N uptake, utilization, and soil N balance in rice-wheat rotation system[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2010, 16(5): 1069-1077.

[22] 王志勇, 白由路, 杨俐苹, 等. 低土壤肥力下施钾和秸秆还田对作物产量及土壤钾素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(4): 900-906.
WANG ZH Y, BAI Y L, YANG L P, *et al*. Effects of application of potassium fertilizer and straw returning on crop yields and soil potassium balance in low-yielding fields [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2012, 18(4): 900-906.

[23] 程晓彬, 王金苗, 于江莲. 氮肥减量施用对小白菜生长的影响[J]. 现代园艺, 2019(21): 5-6.
CHEN X B, WANG J M, YU J L. Effects of reduced nitrogen application on the growth of Chinese cabbage [J]. *Modern Horticulture*, 2019(21): 5-6.

[24] 李 杰, 贾豪语, 颉建明, 等. 生物肥部分替代化肥对花椰菜产量、品质、光合特性及肥料利用率的影响[J]. 草业学报, 2015, 24(1): 47-55.
LI J, JIA H Y, XIE J M, *et al*. Effects of partial substitution of mineral fertilizer by bio-fertilizer on yield, quality, photosynthesis and fertilizer utilization in broccoli[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(1): 47-55.

[25] 张雪艳, 田 蕾, 高艳明, 等. 生物有机肥对黄瓜幼苗生长、基质环境以及幼苗根系特征的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(1): 117-125.
ZHANG X Y, TIAN L, GAO Y M, *et al*. Effects of bioorganic fertilizer on cucumber seedling growth, substrate nutrient content and seedling root characteristics[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(1): 117-125.

[26] VERMA RAJHANS, MAURYA B R, MEENA VIJAY SINGH. Integrated effect of bio-organics with chemical fertilizer on growth, yield and quality of cabbage(*Brassica oleracea* var *capitata*) [J]. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 84(8): 914-919.

[27] 徐大兵, 周剑雄, 邱正明, 等. 氮肥替代和减施对高山露地辣椒养分吸收和产量与营养品质的影响[J]. 北方园艺, 2019(21): 1-6.
XU D B, ZHOU J X, QIU ZH M, *et al*. Effects of nitrogen replacement and reduction on nutrient absorption, yield and quality of pepper on high mountain open field[J]. *Northern Horticulture*, 2019(21): 1-6.

[28] BRUNETTI G, TRAVERSA A, DEMASTRO F, *et al*. Short term effects of synergistic inorganic and organic fertilization on soil properties and yield and quality of plum tomato [J]. *Scientia Horticulturae*, 2019, 252 (27): 342-347.

[29] 张迎春, 颉建明, 李 静, 等. 生物有机肥部分替代化肥对莴笋及土壤理化性质和微生物的影响[J]. 水土保持学报, 2019, 33(4): 196-205.
ZHANG Y CH, XIE J M, LI J, *et al*. Effects of partial substitution of chemical fertilizer by bio-organic fertilizer on asparagus lettuce and soil physical-chemical properties and microoranisms[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2019, 33(4): 196-205.

[30] 王道中, 张成军, 郭熙盛. 减量施肥对水稻生长及氮素利用率的影响[J]. 土壤通报, 2012, 43(1): 161-165.
WANG D ZH, ZHANG CH J, GUO X SH. Effect of lower fertilizer on rice growth and nitrogen use efficienty[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2012, 43(1): 161-165.

[31] 汤 宏, 张杨珠, 侯金权, 等. 不同施肥条件下夏季辣椒的生长发育与养分吸收规律研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 890-895.
TANG H, ZHANG Y ZH, HOU J Q, *et al*. Study on characteristics of growth and development and nutrients's uptake of summer hot pepper under different fertilization a mendments[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2012, 43(4): 890-895.

[32] 郑少玲, 陈琼贤, 梅凤娴, 等. 生物有机肥对芥蓝生长及土壤中氮、磷、钾含量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2007(3): 15-19.
ZHENG SH L, CHEN Q X, MEI F X, *et al*. Effect of bio organic fertilizer on *Brassica alboglabra* growth and soil N, P, K content[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2007(3): 15-19.

[33] LIU E K, YAN C R, MEI X R, *et al*. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China[J]. *Geoderma*, 2010, 158(3): 173-180.

[34] 史吉平, 张夫道, 林 葆. 长期施用氮磷钾化肥和有机肥对土壤氮磷钾养分的影响[J]. 土壤肥料, 1998(1): 7-10.
SHI J P, ZHANG F D, LIN B. Effects of long-term application of NPK fertilizer and organic fertilizer on soil NPK nutrients[J]. *Soils and Fertilizers*, 1998(1): 7-10.

[35] 宇万太, 姜子绍, 马 强, 等. 施用有机肥对土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1057-1064.
YU W T, JIANG Z SH, MA Q, *et al*. Effect of applying organic fertilizer on soil fertility[J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2009, 15(5): 1057-1064.

[36] 蒲瑶瑶, 吕秀敏, 邬梦成, 等. 熏蒸条件下有机肥部分替代化肥对西瓜生长及养分利用的影响[J]. 水土保持学报, 2017, 31(6): 306-311, 352.
PU Y Y, LÜ X M, WU M CH, *et al*. Effects of partial substitution for chemical fertilizer by organic manure on the growth and nutrient use of watermelon under fumigation condition[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2017, 31(6): 306-311, 352.

[37] 张新明, 程 根, 徐鹏举, 等. 稻草覆盖对马铃薯土壤养分释放及养分平衡的影响[J]. 华南农业大学学报, 2019, 40(6): 59-66.
ZHANG X M, CHEN G, XU P J, *et al*. Effects of straw mulching on nutrient release and nutrient balance in potato soil[J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2019, 40(6): 59-66.

Effect of Partial Substitution of Chemical Fertilizer with Bio-organic Fertilizer on Growth Physiological and Fertilizer Utilization Efficiency in Chinese Chives

HE Dongxia, XIE Jianming, HE Zhixue, WANG Cheng, NIU Tianhang, LÜ Jian and YU Jihua

(College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract The overwintering Chinese chives under multi-layer plastic mulching was used as experimental material, the non- fertilization (CK) and conventional fertilization (CF) as control, four fertilization patters were set as follows: fertilizer reduction by 20%, bio-organic fertilizer 3 000 kg/hm^2 (T1); fertilizer reduction of 20%, bio-organic fertilizer 6 000 kg/hm^2 (T2); fertilizer reduction 30%, bio-organic fertilizer 3 000 kg/hm^2 (T3); fertilizer reduction 30%, bio-organic fertilizer 6 000 kg/hm^2 (T4). The effect of partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer on the growth, quality, yield and fertilizer utilization of Chinese chives were studied. The results showed that compared with CF, the plant height and root activity of Chinese chives under treatment of partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer were significantly improved, while yield increased by 7.30%－10.57%, the content of vitamin C, soluble protein and soluble sugar increased by 19.67%－39.34%, 7.45%－22.98%, 12.39%－33.19%, respectively. Nitrate and crude fiber content decreased by 14.84%－27.26%, 8.7%－18.52%, respectively. Additionally, the accumulation of N, P and K in roots, stems and leaves of8 Chinese chive significantly increased, and the utilization rate of fertilizer of N and P increased by 61.30%－141.47% and 312.63%－429.82%, respectively, among all treatments, T2 was the optimal treatment. Under the same level of bio-organic fertilizer, the increase of reduced application of chemical fertilizer was not conducive to the accumulation of nutrients and the increase of yield; under the same level of fertilizer reduction, the increase of bio-organic fertilizer could significantly promote the growth chinese chives, and increase yield and nutrient accumulation with the increase of bio-organic fertilizer application. Therefore, the partial substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer could improve the yield of leek, product quality and fertilizer efficiency of Chinese chives.

Key words Chinese chives; Chemical fertilizer; Bio-organic fertilizer; Quality; Fertilizer utilization rate

Received 2019-12-24　**Returned** 2020-03-25

Foundation item National Key R&D Program of China (No. 2016YFD0201005); Special Fund for Guidance of Science and Technology Innovation and Development in Gansu Province (No. 2018ZX02); Special Fund for Technology System of Melon and Vegetable Industry in Gansu Province (No. GARS-GC-1).

First author HE Dongxia, female, master student. Research area: protected-land vegetable cultivation, physiology and growth regulation. E-mail: 2213400215@qq.com

Corresponding author XIE Jianming, male, professor, doctoral supervisor. Research area: vegetable and protected-land agriculture. E-mail: xiejianming@gsau.edu.cn

(责任编辑:史亚歌　Responsible editor: SHI Yage)

《西北农业学报》微信公众平台栏目介绍

Brief Introducation to the Columns on WeChat Open Platform of *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*

溯本探源:发布本刊及他刊论文背后的故事,深层次解读论文的研究背景和研究过程。亦可发布就农业科研或生产上的疑难问题,透过表象探寻本源的过程,以便更好地服务读者和作者。

院士之声:发布农业和生物学领域的院士关于行业发展、存在问题、未来的研究方向等方面的讲话,为青年科研人员提供选题思路和线索,发挥传帮带的作用。

科学普及:发布农学、林学、植(森)保、园艺、土壤化学、畜牧、兽医等方面的科普性文章,力求生动趣味,浅显易懂,服务大众,服务社会。

(大师风采)学者风采:发布涉农领域专家学者的治学轶事或教书育人的事迹。

区域特色:发布西北五省(区)乃至国内其他地区及国外各具特色动植物资源、农业生态环境、耕作技术、农产品及加工、涉农风土人情等方面的知识。

丝路农业:发表“一带一路”沿线国家农业合作的前景、成功范例、存在问题及解决相关问题的技术方案等方面的文章,助力“一带一路”农业合作迈向更大范围、更高水平、更深层次。

名作点评:对国内和国外涉农顶级期刊发表的最新科研论文进行解读和点评,为年轻科研人员提供借鉴,促进学术繁荣和学术交流。

农史荟萃:刊登农史知识及农业考古信息,拓展读者的知识面。

创新思维:发布有关生物科学和农业科学研究上的新观点、新思路、学术商榷、假说等文章,只求逻辑自洽,不求完整的试验验证。

采编撷语:发布科技期刊从业者在论文编校及出版发行工作中的感悟、发现及对编辑实务的探索性文章。

本刊微信公众平台愿做农业科研工作者与广大手机用户之间交流与联系的纽带,旨在实现科研工作者用大众化的语言讲述专业故事的构想。恳请各位专家学人惠赐佳作,稿件一经审核通过,不收取任何费用,并按有关规定支付稿酬。来稿请投西北农业学报官方网站 http://xbnyxb.alljournals.cn/ch/index.aspx 或 1330659401@qq.com,并注明微信公众平台稿件。