



周海霞,兰挚谦,张凯歌,等.不同用量园艺废弃物堆肥对西芹植株生长、土壤养分、重金属含量的影响[J].黑龙江农业科学,2019(10):84-91.

不同用量园艺废弃物堆肥对西芹植株生长、土壤养分、重金属含量的影响

周海霞,兰挚谦,张凯歌,郑文德,马嘉伟,林薇,张雪艳

(宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:为改善宁夏园艺废弃植株残体利用率低及环境污染严重的问题,以无添加堆肥和常规鸡粪添加为CK1和CK2,设计堆肥与土壤质量比1.0%、2.5%、5.0%、10.0%的还田处理,采用两茬的连续试验,系统探究堆肥不同还田量对设施西芹土壤的培肥效果以及对西芹产量的影响。结果表明:随堆肥还田量增加土壤pH和EC显著增加,10.0%还田处理增加pH效果最显著,连续施用鸡粪增加EC、降低pH最显著;土壤全氮和速效氮、磷均随堆肥还田量增加而增加,10.0%增加效果最显著,鸡粪处理优于1.0%和2.5%还田处理,低于5.0%、10.0%还田处理;第一茬微量元素Zn、Cu、Fe、Mn和重金属Cr随堆肥还田量增加而增加,第二茬Fe、Mn、Cr增加效果一致,鸡粪处理的Cd累积量最高;随堆肥还田量增加土壤微生物量碳和氮增加,10.0%还田处理微生物量碳和氮最高,5.0%次之,鸡粪微生物量碳和氮低于5.0%、10.0%还田处理;随堆肥还田量增加西芹植株干鲜重和产量增加,鸡粪、10.0%还田处理西芹植株干鲜重最高,5.0%次之。综合考虑,10.0%堆肥还田增加西芹产量、改善土壤养分效果最佳,5.0%次之,鸡粪易造成盐分和重金属Cd累积。

关键词:西芹土壤;园艺废弃物堆肥;土壤修复;清洁生产

设施蔬菜是我国农民增收的主要途径之一,目前已达380 hm²。但由于集约化生产而产生的连作障碍问题也逐渐凸现出来,单一种植和水肥高投入,导致设施土壤养分失衡、理化性状恶化以及土壤生态环境破坏^[1-2],已成为制约设施农业可持续发展的重要瓶颈。

随着园艺产业的快速发展,园艺废弃物已成为仅次于水稻、玉米、小麦作物秸秆的第四大农作物秸秆^[3]。但长期以来大量废弃的作物秸秆被丢弃、焚烧或处于其他低效利用状态,秸秆资源得不到充分合理的利用给农业生态环境带来巨大压力^[4-5]。加强农业废弃物的清洁化、无害化利用,对我国农业经济增长、生态环境保护具有重要意义^[2]。农业废弃作物残体含有大量的氮、磷、钾等元素可供土壤吸收利用,是土壤中碳、氮的重要源和库,土壤微生物利用秸秆中的碳源物质进行大

量繁殖,可提高土壤的有机质含量,因而作物秸秆和根茬等残体还田是土壤有效培肥的主要措施之一^[6-7]。园艺废弃残体植株中富含矿物质,具有较高的利用价值,堆肥化是国际上蔬菜残株主要的资源化利用途径。施用堆肥可促进土壤团粒结构的形成,增加孔隙度,有效降低土壤容重,高温堆肥后可提供作物生长所需的养分,同时对土壤培肥有重要作用^[8-9]。施用堆肥还可以为土壤提供腐殖质增加土壤细菌、放线菌,减少病害发生,改善土壤理化性状,发挥土壤的生产潜力^[10-11]。莫舒颖^[12]将结球甘蓝、番茄、黄瓜残株按一定质量比混合堆肥,研究证明该蔬菜残茬堆肥可有效增加土壤有机质含量和土壤微生物数量、增强了土壤对pH的缓冲作用,加快了矿质氮的固定,从而增加有机氮含量。张志刚等^[13]研究证明,辣椒、黄瓜、番茄、结球甘蓝残体按一定体积比获得的堆肥能显著提高土壤微生物群落Shannon、Simpson和McIntosh指数,且随着蔬菜残体施用量的增加促进作用增强。堆肥用量决定着可提供作物的有效氮含量和供肥强度^[14],但堆肥过量施用既能降低氮素利用效率,又会引起地下水NO₃-N的潜在污染,以及温室气体排放等生态风险。因此探究蔬菜残体堆肥应用连作土壤质量修复的合理施用量显得尤为必要。

收稿日期:2019-04-29

基金项目:宁夏农科院科技创新先导项目(NKYG-13-03);国家自然科学基金项目(31460531);自治区十三五重大研发项目(2016BZ0902);宁夏回族自治区重点研发计划重点项目(2018BFG02016);自治区科技创新领军人才项目(KJT2017001)。

第一作者简介:周海霞(1991-),女,硕士,从事设施蔬菜栽培与生理研究。E-mail:1822410576@qq.com。

通讯作者:张雪艳(1981-),女,博士,副教授,硕导,从事设施蔬菜栽培与生理研究。E-mail:zhangxueyan123@sina.com。

本研究以设施园艺西芹土壤为材料,采用盆栽试验研究,系统研究上述4种园艺作物残体等体积混合堆肥后按照不同质量比还田对土壤养分、土壤重金属、土壤微生物活性以及西芹产量的影响,探究园艺废弃物堆肥还田后对西芹土壤质量的影响,明确不同茬口下有效培肥设施西芹土壤质量的合理堆肥用量,为园艺废弃物资源化利用以及设施西芹土壤可持续生产利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试西芹品种为文图拉。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于2014年在宁夏银川市

贺兰园艺产业园日光温室1号棚内进行,采用盆栽试验,以无添加堆肥和常规鸡粪添加为CK1和CK2,园艺废弃物堆肥与土壤质量按照质量比设计1.0%、2.5%、5.0%、10.0%处理,具体见表1。花盆体积(630 mm×210 mm×180 mm)约为22 L,每个处理为22盆,随机区组排列,每盆装8 kg土壤。2014年6月26日定植,2014年9月25日第一茬西芹收获,当天定植第二茬西芹,2014年12月25日拉秧,第一茬西芹生长期91 d,第二茬生长期为91 d,各处理整个生育期统一水肥管理。

供试土壤和堆肥的基本理化性质、重金属与微量元素含量见表2。

表1 不同堆肥还田处理设计
Table 1 Experiment design of different amount of returning compost

处理 Treatments	第一茬(06-26至09-25) The first crops(from 26 June to 25 September)	第二茬(09-25至12-25) The second crops(from 25 September to 25 December)
CK1(不添加任何肥料)	-	-
CK2(施500 g鸡粪)	500 g鸡粪	500 g鸡粪
T1(堆肥:土壤质量比1.0%)	160 g堆肥(50%含水量)	80 g堆肥(0%含水量)
T2(堆肥:土壤质量比2.5%)	400 g堆肥(50%含水量)	200 g堆肥(0%含水量)
T3(堆肥:土壤质量比5.0%)	800 g堆肥(50%含水量)	400 g堆肥(0%含水量)
T4(堆肥:土壤质量比10.0%)	1600 g堆肥(50%含水量)	800 g堆肥(0%含水量)

表2 原土和堆肥中基本理化性质和重金属与微量元素的含量
Table 2 The basic physicochemical properties and content of heavy metales and trace elements in compost and original soil

样品 Sample	Zn/(mg·kg ⁻¹)	Cu/(mg·kg ⁻¹)	Fe/(mg·kg ⁻¹)	Mn/(mg·kg ⁻¹)	Cr/(mg·kg ⁻¹)	Cd/(mg·kg ⁻¹)	pH
原土 Original soil	11.28	2.42	4.60	0.39	0.60	0.002	9.02
堆肥 Compost	181.05	24.72	7702.30	336.56	96.92	0.120	9.10
样品 Sample	EC/ (mS·cm ⁻¹)	有机质 Organic matter/ (g·kg ⁻¹)	全氮 Total nitrogen/ (g·kg ⁻¹)	速效氮 Available nitrogen/ (mg·kg ⁻¹)	速效磷 Available phosphorus/ (mg·kg ⁻¹)	速效钾 Available potassium/ (mg·kg ⁻¹)	
原土 Original soil	0.17	19.9	2.91	24.2	401.05	115.05	
堆肥 Compost	3.22	306.5	12.00	427.0	651.71	2971.69	

1.2.2 样品采集 取堆肥样品用于毒性检测。分别于2014年7月18日取第一茬西芹缓苗期的土样,2014年9月25日取第一茬西芹拉秧期的土样,2014年12月25日第二茬西芹拉秧期土样。为避免每个处理最南面与最北面盆中植株长势弱于中间而引起的误差,每处理取中间10盆的土样,每盆取0~20 cm表层土,混匀后的鲜土样

过2 mm筛,保存于4℃冰箱,用于微生物数量、微生物量碳氮的测定,剩余土样风干后过1 mm筛,用于土壤养分、土壤重金属和微量元素的测定。

1.2.3 样品分析 种子发芽试验:取新鲜的堆肥和水按1:10(质量比)比例进行震荡1 h,过滤,吸取滤液5 mL均匀撒在铺有两层滤纸的培养皿

中,每个培养皿分别放小萝卜、小白菜、黄瓜种子50粒,25℃下培养,分别在24和48h记录发芽数,露白的均记为发芽,以蒸馏水为对照,计算GI指数,种子发芽指数 $GI(\%) = (\text{处理平均发芽率} \times \text{处理平均根长}) \div (\text{对照平均发芽率} \times \text{对照平均根长}) \times 100$ 。

土壤pH和EC值采用1:5土壤悬液电位计法和电导法测定;土壤全N采用半微量凯氏定氮法测定;土壤速效氮采用流动分析仪测定;土壤有效磷采用 $0.5\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NaHCO}_3$ 浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效钾采用 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{ NH}_4\text{AC}$ 浸提-火焰光度法测定;土壤和堆肥的重金属与微量元素测定采用原子吸收分光光度法测定^[15-16]。

1.2.4 数据分析 每个处理测定3个平行样本,每个样本测量3次,结果取其平均值,数据用SPSS13.0软件采用LSD方法在 $P<0.05$ 水平进行单因素显著性分析,相关性分析采用Pearson相关分析法。

2 结果与分析

2.1 堆肥的毒性检测

GI表示堆肥的腐熟程度, $GI>50\%$,堆肥对植物基本没有毒性, $GI>80\%$,表示堆肥已腐熟^[17-18]。以蒸馏水作为对照,24h三种种子GI指数均大于80%,48h各种子GI指数均大于80%,说明堆肥完全腐熟,可还田施用(表3)。

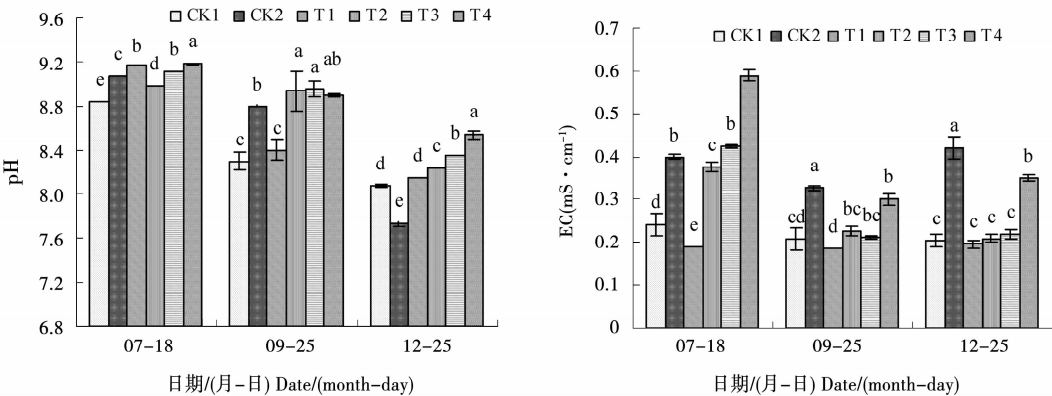
表3 种子的GI指数

Table 3	Germination index of seeds(GI) %	
试验种子	24 h	48 h
黄瓜	81	87
小白菜	116	144
小萝卜	80	82

2.2 堆肥还田对土壤pH和EC的影响

由图1可知,土壤pH随生育期延长呈降低的趋势。7月18日,添加鸡粪和不同堆肥量处理均相对CK1显著增加土壤pH,其中T4效果最显著,T1、T3次之,且均显著高于CK2;9月25日,T2、T3、T4相对CK1显著增加土壤pH,CK2次之;12月25日,随堆肥量增加,土壤pH增加,除T1与CK1无显著差异外,其他均显著高于CK1和CK2(图1a)。

由图1所示,连种两茬后土壤EC均显著降低,两茬拉秧期时,除鸡粪CK2和T4处理外,其他处理土壤EC基本均恒定在 $0.2\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 左右。7月18日,土壤EC随堆肥还田量的增加而增加,除T1显著低于CK1外,其他均显著高于CK1,CK2与T3无显著差异;两茬拉秧期,各处理差异一致,均为CK2的EC最高,第一茬拉秧期为 $0.33\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,第二茬拉秧期为 $0.42\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,T4次之,分别为 0.30 和 $0.35\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$,CK1则与T1、T2、T3无显著差异(图1b)。



不同小写字母表示各处理间差异达到5%显著水平。下同。
Different lowercase letters indicate significant difference between treatments at 0.05 level. The same below.

图1 园艺废弃物堆肥还田对土壤pH和EC的影响
Fig. 1 Effects of gardening waste compost returning to field on soil pH and EC

2.3 堆肥还田对土壤养分的影响

由图2可知,各处理土壤全氮、速效氮随种植茬口呈降低的趋势,其中各茬口土壤全氮、速效氮基本随堆肥还田量的增加而增加,T4的全氮、速

效氮含量最高,T3次之,且T3和T4均显著高于CK1和CK2,T4两茬拉秧期分别比CK1、CK2高135.57%、566.05%和49.31%、117.18%,T3则分别两茬拉秧期分别比CK1、CK2高72.24%、

357.21%和9.16%、49.08%,T1全氮显著高于CK1,但显著低于CK2,而T1速效氮与CK1无显著差异,但显著低于CK2(图2a、图2b)。速效磷含量随茬口增加呈先降低后增加的趋势,速效磷基本随堆肥还田量的增加而增加,T4速效磷含量最高,T3次之,各堆肥还田处理均相对CK1显著增加速效磷含量,CK2显著低于T4,但显著高于T1、T2(图2c)。速效钾含量随茬口变化趋势与全氮、速效氮一致。第一茬拉秧期T4速效钾含量显著高于其他处理,CK2次之,CK1速效钾含量最低,第二茬拉秧期仍是T4处理速效钾含量最高,其他堆肥还田处理则与CK2间无显著差异,CK1速效钾含量显著低于其他处理,两茬T4

相对CK1和CK2分别增加220.99%、35.33%和226.87%、118.56%(图2d)。

2.4 堆肥还田对土壤微量元素和重金属含量的影响

由表4可知,不添加鸡粪和堆肥的CK1微量元素和重金属含量显著低于其他处理,施用鸡粪CK2第二茬拉秧期Cd含量最高,第一茬拉秧期,Zn、Cu、Fe、Mn、Cr含量均随堆肥还田量的增加而增加,T4微量元素和重金属含量均显著高于其他处理,T3次之,T1处理Zn、Fe、Cr、Cd含量均与CK1无显著差异;第二茬拉秧期Fe、Mn、Cr仍随堆肥还田量的增加而增加,且T4处理Fe、Mn、Cr含量显著高于其他处理,T3次之。

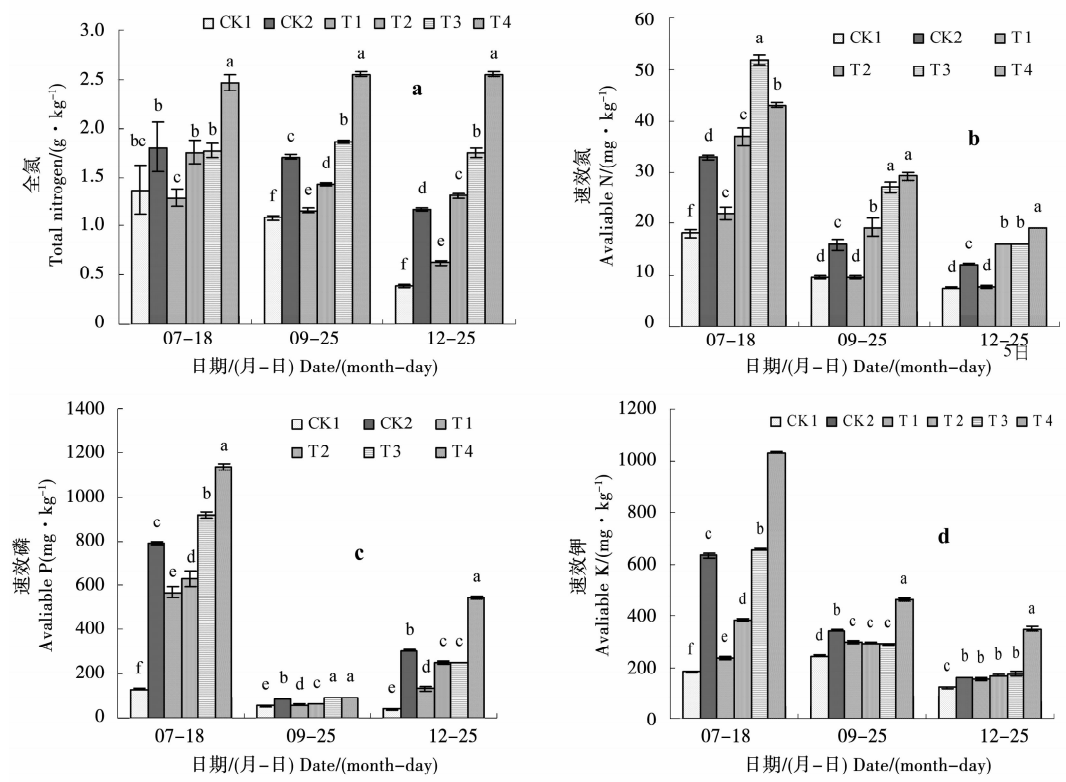


图2 堆肥还田对土壤全氮、速效氮、磷、钾含量的影响
Fig. 2 Effects of gardening waste compost returning to field on soil total nitrogen, available nitrogen, phosphorus, and potassium content

2.5 堆肥还田对土壤微生物量碳和氮的影响

土壤微生物量的多少能够反映土壤矿化能力大小,是土壤生态系统肥力的重要指标。各处理土壤微生物量碳和氮均随茬口的增加呈先升高后降低的趋势,且随堆肥还田量的增加而增加,各堆肥还田处理均显著高于CK1,T4处理微生物量碳和氮均显著高于其他处理,T3次之,CK1微生物量碳含量最低,CK2微生物量碳显著高于

CK1,CK2微生物量氮两个拉秧期均显著低于T3和T4(图3)。

2.6 堆肥还田对西芹植株干鲜重和产量的影响

由图4可知,第一茬植株干鲜重均高于第二茬,第一茬拉秧期CK2、T2、T3、T4植株鲜重无显著差异,显著高于CK1和T1,且CK1和T1间无显著差异;第一茬拉秧期T3植株干重最高,显著高于CK1,其他处理间无显著差异,第二茬拉

秧期,CK1 与 T1 植株干重无显著差异,但 CK1 显著低于 CK2 和 T2、T3、T4 堆肥处理,CK2 与 T1、T2、T3 堆肥处理间则无显著差异;第一茬拉秧期,CK1 西芹产量最低,T1 次之,其他处理均显著高于 CK1,且 T3 和 CK2 产量较高,第二茬

拉秧期,CK2 和各堆肥处理西芹产量均显著高于 CK1,且随堆肥还田量增加而增加,T4 产量最高,T3 与 T4 无显著差异,CK2 产量显著低于 T4,显著高于 CK1、T1、T2,CK1 西芹产量最低(图 4)。

表 4 堆肥还田对土壤重金属与微量元素的影响

Table 4 Effects of gardening waste compost returning to field on soil heavy metales and trace elements

日期 Date	处理 Treatments	Zn/ (mg·kg ⁻¹)	Cu/ (mg·kg ⁻¹)	Fe/ (mg·kg ⁻¹)	Mn/ (mg·kg ⁻¹)	Cr/ (mg·kg ⁻¹)	Cd/ (mg·kg ⁻¹)
7 月 18 日	CK1	10.55 d	2.21 c	3.31 e	1.5600 f	0.20 e	0.0020 c
	CK2	10.47 d	2.21 c	4.62 b	2.2400 d	0.81 c	0.0020 c
	T1	10.67 c	2.65 b	3.64 d	0.2020 e	1.21 b	0.0020 c
	T2	10.68 c	2.23 c	3.95 c	9.0300 c	0.60 d	0.0020 c
	T3	10.71 b	2.85 a	4.93 a	22.0900 b	2.21 a	0.0330 b
	T4	11.80 a	2.65 b	4.63 b	89.0700 a	2.20 a	0.0323 a
9 月 25 日	CK1	10.72 cd	2.64 d	3.95 c	—0.1000 f	0.21 d	0.0020 d
	CK2	10.91 c	2.64 d	4.92 b	0.6800 c	0.71 c	0.6300 b
	T1	11.60 c	2.86 b	3.95 c	0.2900 e	0.75 c	0.0020 d
	T2	10.78 cd	2.70 c	3.97 c	0.4900 d	1.01 a	0.0300 c
	T3	15.78 b	2.73 c	4.93 b	2.1500 b	1.01 a	0.0020 d
	T4	34.13 a	3.07 a	5.93 a	8.8200 a	1.80 a	0.1500 a
12 月 25 日	CK1	10.22 d	1.55 e	2.65 e	—0.1900 f	0.20 e	—0.0290 d
	CK2	11.26 c	2.43 c	3.97 c	2.0500 c	0.85 c	0.0630 a
	T1	11.16 c	2.85 a	3.29 d	0.0002 e	1.40 b	0.0330 b
	T2	10.22 d	1.98 d	3.96 c	0.9900 d	0.40 d	0.0330 b
	T3	14.55 a	2.65 b	4.30 b	2.9200 b	1.01 bc	0.0020 c
	T4	12.22 b	2.65 b	4.94 a	6.8200 a	1.42 a	0.0330 b

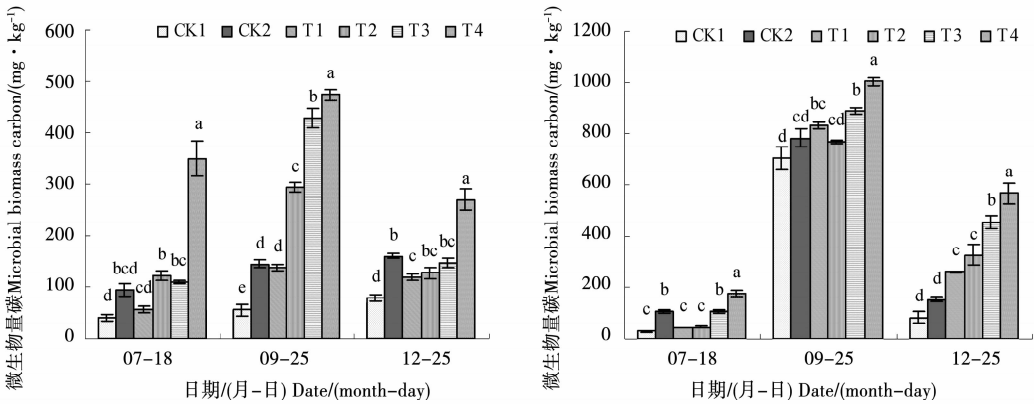


图 3 堆肥还田对土壤微生物量碳和氮的影响

Fig. 3 Effects of gardening waste compost returning to field on soil microbial biomass carbon and nitrogen

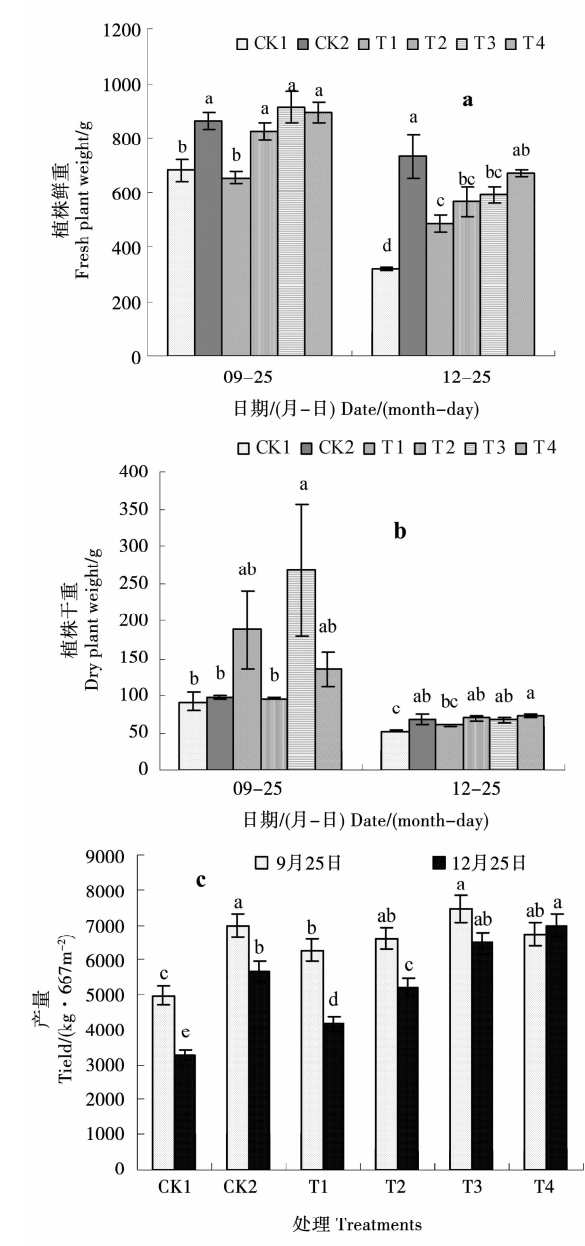


图4 堆肥还田对西芹植株鲜重、干重和产量的影响
Fig. 4 Effects of gardening waste compost returning to field on plants fresh weight, dry weight and yield of celery

3 结论与讨论

堆肥化是国际上蔬菜残株主要的资源化利用途径,堆肥能够将有机废弃物转化成稳定形态,缩小废弃物体积,消灭植物和人体病原菌。除了增加土壤养分外,在土壤中施加堆肥可增加有益微生物数和降低植物病原菌数,促进土壤-作物系统养分循环,进而改善基质质量^[9,19]。

本研究证明,园艺废弃物堆肥施入土壤后,缓苗期 pH 最高,两茬拉秧期土壤 pH 有所下降,说明堆肥在土壤腐解过程中产生的有机酸,可有效

调节土壤酸碱度^[20],且两茬拉秧期 pH 随堆肥还田量增加而增加,这与曾咏梅等^[21]的研究,废弃物还田能够显著提高土壤 pH 的结果一致。鸡粪和堆肥还田增加了土壤 EC 值,鸡粪增加 EC 最显著,10%还田增加次之,这与供试鸡粪和堆肥 EC 值远高于供试土壤有关,肥料施入土壤后,通过扩散作用,使土壤中可溶性盐离子浓度增加^[12]。

各处理全氮、速效氮、钾含量均随茬口的增加呈降低的趋势,说明有机肥料刚施入土壤时未被植株利用呈累积情况,而随作物生长,养分不断被吸收,土壤养分含量降低。随堆肥还田量增加,养分含量增加,其中 10%堆肥还田处理全氮、速效养分、微量元素含量增加效果最显著,5%还田处理次之,鸡粪处理养分和微量元素含量显著低于 5%、10%还田处理,高于 1%还田处理,主要原因是鸡粪、废弃园艺残体堆肥自身富含丰富的有机质、矿质元素以及氮、磷、钾含量,还田后可直接增加土壤有效养分含量,且随着堆肥还田量的增加,速效养分含量增加效果增强,这与杨显贺^[20]、韩伶^[22]的研究结果一致。

第一茬 Zn、Cu、Fe、Mn、Cr,第二茬拉秧期 Fe、Mn、Cr 均随堆肥还田量增加而增加,第一茬, T4 微量元素和重金属含量均显著高于其他处理, T3 次之,第二茬 T4 处理 Fe、Mn、Cr 含量显著高于其他处理, T3 次之,鸡粪显著低于 T3,但显著高于其他处理。这是因为有机肥料能增加土壤重金属的移动性,其所含有的有机酸能与金属结合形成水溶性化合物及胶体,从而增加重金属可溶性,另外有机肥本身携带的重金属的生物有效性较强,其腐解过程对土壤强结合态重金属具有活性效应^[23-24],尽管随还田量增加土壤重金属含量累积加大,但土壤重金属含量均在国家 1 级土壤标准范围以内^[13],因此两茬堆肥还田未对土壤造成重金属的污染,但长期的园艺废弃物堆肥还田是否会引起土壤重金属污染还需后续试验进一步的评估。

各还田处理与对照相比增加土壤微生物量碳和氮,且微生物量碳、氮均随堆肥还田量增加而增加,说明园艺废弃物堆肥还田为土壤微生物生长提供了碳源和氮源,废弃物堆肥用量越多,营养越充足,从而促进了土壤微生物总量的增加。这与阳文锐等^[25]的研究结果一致。

两茬植株鲜重、第二茬植株干重、两茬西芹产量均随堆肥施用量增加而增加,CK2、T3、T4 增

加植株干鲜重和产量效果显著,这与鸡粪和适宜堆肥还田下土壤养分、微生物量增加有关,说明废弃物堆肥还田对西芹产量增加有促进作用,这与高新昊等^[12,26]研究结果一致。

本研究结果表明园艺废弃物堆肥还田提高土壤 pH、全氮、速效氮、速效磷、微生物量碳氮、植株干鲜重以及西芹产量,且随还田量增加而增加,10%还田增加效果最显著,T3 次之。连续鸡粪处理养分含量低于 5% 和 10% 的还田处理,高于其他堆肥还田处理,但其土壤 Cd 含量和 EC 最高。综合分析,10%堆肥还田处理最有利于改善土壤环境、提高西芹质量,5%堆肥还田次之,连续使用鸡粪易造成土壤盐分和重金属累积。

参考文献:

- [1] 冯永军,陈为峰,张蕾娜,等.设施园艺土壤的盐化与治理对策[J].农业工程学报,2001,17(2): 111-114.
- [2] Tian Yongqiang, Zhang Xueyan, Wang Jingguo, et al. Soil microbial communities associated with the rhizosphere of cucumber under different summer cover crops and residue management; A 4-year field experiment[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 150: 100-109.
- [3] 矫丽娜,李志洪,殷程程.秸秆还田培肥土壤的研究现状[J].安徽农学通报,2014,20(10): 54-56.
- [4] 申源源,陈宏.秸秆还田对土壤改良的研究进展[J].中国农学通报,2009,25(19): 291-294.
- [5] 翁伟,杨继涛,赵青玲,等.我国秸秆资源化技术现状及其发展方向[J].中国资源综合利用,2004(7): 18-21.
- [6] 耿玉辉,吴景贵,李万辉,等.作物残体培肥土壤的研究进展[J].吉林农业大学学报,2000,22(2): 76-79.
- [7] Odlare M, Pell M, Svensson K. Changes in soil chemical and microbiological properties during 4 years of application of various organic residues[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2008, 28(7): 1246-1253.
- [8] Colauto N B, da Silveira A R, da Eira A F, et al. Alternative to peat for *Agaricus brasiliensis* yield [J]. Bioresource Technology, 2010, 101(2): 712-716.
- [9] 高雪莲,邓开英,张鹏,等.不同生物有机肥对甜瓜土传枯萎病防控效果及对根际土壤微生物区系的影响[J].南京农业大学学报,2012,35(6): 55-60.
- [10] Mylavarapu R S, Zinati G M. Improvement of soil properties using compost for optimum parsley production in

sandy soils [J]. Scientia Horticulturae, 2009, 120 (3): 426-430.

- [11] Xin Xiuli, Zhang Jiabao, Zhu Anning et al. Effects of long-term (23 years) mineral fertilizer and compost application on physical properties of fluvo-aquic soil in the North China Plain[J]. Soil and Tillage Research, 2016, 156: 166-172.
- [12] 莫舒颖.蔬菜残体堆肥化利用技术研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [13] 张志刚,董春梅,高苹,等.蔬菜残株、生物菌肥施用下日光温室辣椒土壤微生物特征[J].植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 710-717.
- [14] 李玲玲,李书田.有机肥氮素矿化及影响因素研究进展[J].植物营养与肥料学报,2012,18(3): 749-757.
- [15] 鲍士旦.土壤农化分析[M].3版.北京:中国农业出版社,2008.
- [16] 李卓棣,喻子牛,何绍江.农业微生物学实验技术[M].北京:中国农业出版社,1996.
- [17] Zucchini F, Pera A, Forte M, et al. Evaluating toxicity of immature compost[J]. Biocycle(USA), 1981, 22: 54-57.
- [18] 王丽英,吴硕,张彦才,等.蔬菜废弃物堆肥化处理研究进展[J].中国蔬菜,2014(6): 6-12.
- [19] Hose T D, Cougnon M, Vlieghe A D, et al. Influence of farm compost on soil quality and crop yields[J]. Archives of Agronomy and Soil Science, 2012, 58(1): 71-75.
- [20] 杨显贺.腐熟玉米秸秆对黄瓜根区土壤及品质和产量的影响[D].泰安:山东农业大学,2013.
- [21] 曾咏梅,毛昆明,李永梅,等.微生物菌剂对蔬菜、花卉废弃物直接还田效果的影响——以云南滇池为例[J].安徽农业科学,2006,34(17): 4278-4280.
- [22] 韩铃,李衍素,于贤昌,等.日光温室蔬菜残株堆腐后还田对根区土壤环境及蔬菜产量的影响[J].应用生态学报, 2016(5): 1553-1559.
- [23] Chang C, Entz T. Nitrate leaching losses under repeated cattle feedlot manure applications in southern Alberta[J]. Journal of Environmental Quality, 1996, 25(1): 145-153.
- [24] 高明,车福才,魏朝富,等.长期施用有机肥对紫色水稻土铁锰铜锌形态的影响[J].植物营养与肥料学报,2000, 6(1): 11-17.
- [25] 阳文锐,李维炯,陈展.EM堆肥对土壤生物影响的研究[J].中国生态农业学报,2007,15(6): 88-91.
- [26] 高新昊,刘兆辉,张志斌,等.不同腐熟程度麦秸堆肥在温室番茄栽培中应用效果研究[J].土壤,2009,41(2): 253-257.

Effects of the Different Application Amount of Main Horticultural Waste Compost on Soil Nutrient and Microbial Activity on Celery in Greenhouse in Ningxia

ZHOU Hai-xia, LAN Zhi-qian, ZHANG Kai-ge, ZHENG Wen-de, MA Jia-wei, LIN Wei, ZHANG Xue-yan

(School of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to improve the utilization rate of waste horticultural plant residues and serious environmental pollution in Ningxia, the land without returning and with regular chicken manure were considered as CK1 and CK2, compost and soil mass ratio to 1.0%, 2.5%, 5.0%, 10.0% of composting returning treatment were designed, two season tests were applied. The effects of different composting returning amount on soil nutrient and yield of celery were researched. The results showed that soil pH and EC was increased with the increase of amount of compost, the pH of 10.0% amount compost was increased the most significantly, continuous application of chicken manure could increase EC and reduce pH significantly. The soil total nitrogen, available N and P content were increased with amount of composting, soil total nitrogen, available N and P content of 10.0% amount compost were the highest, and that of chicken manure was better than 1.0% and 2.5.0% amount compost, but lower than 5.0% and 10.0% amount compost. Soil Zn, Cu, Fe, Mn and heavy metal Cr were increased with the increasing of amount of composting in the first season, and Fe, Mn, Cr had the similar representation in the second season, and the Cd content of chicken manure was the highest. Soil microbial nitrogen and carbon were increased with the increasing of amount of composting. Soil microbial nitrogen and carbon of 10.0% amount compost were the highest, and that of 5.0% amount compost were higher than other treatments and that of chicken manure were lower than 5.0% and 10.0% amount compost. The plant fresh and dry weight and yield were increased with the increasing of amount of composting. The yield of celery of 10% compost treatment and chicken manure were higher than other treatments, 5.0% compost treatment was second. In a word, 10.0% gardening waste compost was the optimum amount, which could increase celery yield, and improve soil quality, 5.0% gardening waste compost was the second, chicken manure could increase the accumulation of salinity and heavy metals Cd.

Keywords: celery soil; gardening waste compost; soil remediation; cleaner production

(上接第 83 页)

[13] 孙凤清,张旭,王冰华,等.叶面喷施外源物质对黄瓜商品苗贮运质量的影响[J].中国蔬菜,2018(10):29-34.

[14] 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.

[15] 郝建军,刘延吉.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2001.[16] 胡文岩,沈力,高寿梅,等.蘑菇菌糠配制黄瓜育苗基质研究[J].安徽农业科学,2014,42(32):11253-11255.

[17] 刘国丽,李超,李学龙,等.不同菌糠配比基质对番茄幼苗生长的影响[J].辽宁农业科学,2017(5):82-84.

[18] 孙晓红,韩梅琳,王秀玲.菌糠复合基质在西甜瓜育苗上的应用试验[J].北京农业,2014(12):34-35.

[19] 吴英杰,李玉娜,郑苹果,等.利用炉渣和菇渣进行辣椒无土栽培的研究[J].干旱地区农业研究,2017,35(1):22-25.

Effect of Different Volume Ratio of *Flammulina velutiper* (Fr.) Sing Chaff on Growth and Development of Cucumber

YIN Shu-li¹, ZHANG Gen-wei¹, LI Shu-sheng¹, LIANG Ran²

(1. Biology Institute of Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang 050081, China; 2. Agriculture and Rural Bureau of Shijiazhuang Luquan District, Shijiazhuang 050200, China)

Abstract: In order to explore the feasibility of replacing grass charcoal, with five kinds of different volume ratios, the conventional charcoal matrix as a comparison, we studied the effect of different treatments on cucumber morphological and physiological indexes. The results showed that compared with control, 20% *Flammulina Velutiper*(Fr.)sing chaff +80% vermiculite could increase the content of chlorophyll a+b, promote the growth of leaves and roots, the seedling index was 33.94.

Keywords: *Flammulina velutiper* (Fr.) sing; chaff; cucumber; morphological indicators; physiological indicators