

DOI:10.11937/bfyy.201711036

添加矿粉对农业废弃物育苗基质化学性质的影响

刘 丹¹, 张 霞¹, 柴小媛¹, 赵世翔¹, 李忠徽¹, 王旭东^{1,2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 农业部西北植物营养与农业环境重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 秸秆和畜禽粪便等农业废弃物代替草炭生产的育苗基质因存在小分子有机酸、铵态氮含量高等问题而影响到种子发芽和幼苗的生长。为改善这类育苗基质对种子发芽和幼苗生长的不良影响, 以杨凌某公司生产的基质(该基质以菌糠、锯末、畜禽粪便等为主要原料)为材料, 通过添加一种矿粉进行培养和育苗试验, 研究矿粉添加比例对基质化学性质和小白菜(*Brassica chinensis* L.)发芽和生理指标的影响。结果表明: 添加矿粉使基质的 pH 提高、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 比值和丁酸含量减小; 与对照(不添加矿粉)相比, 在矿粉添加比例为 7% 的条件下, 小白菜发芽率、发芽势、发芽指数分别提高了 35%、22.87%、34.6%; 根际活力、叶绿素含量分别提高 70.2%、32.1%, 达到差异显著水平。

关键词: 农业废弃物; 育苗基质; 矿粉; 小白菜; 发芽率; 根系活力

中图分类号: S 604⁺.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)11-0170-05

基质作为现代农业的基础, 需求量日益增大。草炭是传统的育苗基质原料, 但其短期不可再生、地区分布不均匀、价格较高^[1], 因此必须寻找替代基质原料。随着农业的发展, 农业废弃物数量日益增

多, 这些废弃物种类繁多、取材方便, 而且含有大量植物生长所必需的养分^[2]。利用这些有机废弃物不仅可以替代草炭资源, 而且实现了农业废弃物资源化利用, 减少环境污染^[3]。然而, 以农业废弃物为原料的基质存在有机酸、铵态氮等含量过高而产生毒害作用, 对植物种子的萌发和植物的生长都会产生抑制作用^[4-6]。如何解决这些问题影响到农业废弃物在基质生产中的应用。王清奎^[7]研究发现, 添加石粉对基质的 pH 具有调节作用。柴小媛^[8]研究发现, 基质中添加一种含钙的矿粉有利于提高小白菜发芽率。矿粉中含有大量钙元素, 钙元素是植物生长发育所必需的营养元素, 调节植物体内许多生理

第一作者简介: 刘丹(1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向为土壤化学。E-mail: ldanxn2015@163.com.

责任作者: 王旭东(1965-), 男, 教授, 博士生导师, 现主要从事土壤化学等研究工作。E-mail: wangxudong01@126.com.

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划资助项目(2012BAD14B11); 杨陵示范区科技计划资助项目(2014SF-02)。

收稿日期: 2016-02-27

Breeding of a New Mid-late Maturity Chinese Cabbage F₁ Hybrid—‘Weibai 69’ in Autumn

TAN Jinxia, HAN Taili, XU Ligong, YANG Xiaodong, SUN Jifeng, ZHOU Feng
(Shandong Weifang Academy of Agricultural Sciences, Weifang, Shandong 261071)

Abstract: A new variety of Chinese cabbage ‘Weibai 69’ was bred by crossing two self-incompatible lines VMS08-08 and BZ08-06. It can be harvested in 70—85 days after sowing. The plant is 69 cm in height and 60 cm in width. The leaf is light green and petiole is white. The head is light yellow, 55 cm in height and 20 cm in diameter. The average head weight is 4.6 kg and the ratio of net product is 61.9%. The soft leaf rate is 35.2%. It is suitable for ridge(the ridge height is 20 cm, space is 70 cm, row spacing is 45—50 cm) cultivation in open field in middle autumn by the density of 2 000 plants per 667 m².

Keywords: mid-late maturity; Chinese cabbage; ‘Weibai 69’; F₁ hybrid

生化过程,对植物的生长具有重要意义^[9]。添加矿粉还能够弥补原材料中钙的不足,调节基质酸碱性。

该研究以堆腐 7 个月的菌渣、猪粪和牛粪混合制作的基质为试材,通过添加不同浓度的一种含有钙的矿粉进行基质性质改良,研究矿粉在不同添加比例作用下对基基本性质变化及其对种子发芽和根系活力的影响,以期对基质性质改良提供参考和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验基质为 2014 年 8 月陕西杨凌某公司生产的堆腐 7 个月的基质产品。原料配比为菌渣:锯末:猪粪:牛粪=9:3:4:4。调节水分含量为 50%,混合发酵腐熟,垄堆的高度为 1.5 m,宽度为 3 m,长 30 m,据垄堆温度变化情况,共堆腐 7 个月。在前 45 d,高温阶段(50℃以上),每 3 d 翻堆 1 次,低温阶段,每 7 d 翻 1 次;45 d 以后,每 15 d 翻堆 1 次。矿粉为石灰石粉,石灰石主要成分:二氧化硅 0.08%、三氧化二铝 0.1%、三氧化二铁 0.04%、氧化钙 48.5%、氧化镁 0.5%。

1.2 试验方法

1.2.1 育苗试验 向基质中分别添加质量百分比为 0%、1%、2%、3%、4%、5%、6%、7%、8%、10%、12% 的矿物质(细度为 0.106 mm),在含水量为 50% 的情况下静止反应 15 d,处理代号分别为 CK、T1、T2、T3、T4、T5、T6、T7、T8、T9、T10。采用育苗盘方法,在 50 孔育苗盘中每孔加入 30 g 上述不同处理后的基质,播小白菜种子进行育苗。

1.2.2 发芽试验 用水浸提风干腐熟基质样品(水:基质=10:1),在振荡机上振荡 30 min,静置后 3 000 r·min⁻¹ 离心 5 min,取上清液保存备用。在培养皿中铺 1 层滤纸,用移液枪加入 5 mL 待测液。每个培养皿中均匀播种 30 粒小白菜种子。用报纸覆盖遮光以及阻止蒸发。培养期间不定时补充清液使滤纸保持湿润。

1.3 项目测定

观测育苗过程中种子的发芽数和根长,计算发芽率、发芽指数和发芽势^[8,10]。发芽率(%)=发芽种子数/供试种子数×100;发芽势(%)=12 d 内供试种子发芽数/供试种子数×100;发芽指数(GI,%)=(处理平均发芽率×处理平均根长)/(对照平均发芽率×对照平均根长)×100。幼苗根系活力测定采用 TTC 法^[11];叶片叶绿素含量测定采用丙酮乙醇混合

液法^[12];丁酸含量测定采用高效液相色谱法^[13]。基质 pH、硝铵态氮含量测定采用常规方法^[14]。

1.4 数据分析

试验数据采用 SAS 8.0 和 Microsoft Excel 2010 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 添加矿粉对基质化学性质的影响

2.1.1 添加矿粉对酸碱性的影响 酸碱性是基质的一项重要化学性质,过酸、过碱都影响到育苗过程种子发芽和幼苗的生长。从图 1 可以看出,随着基质中添加矿粉比例的增加,基质 pH 从弱酸性逐步变为弱碱性,然后趋于稳定。其中,T7~T10 处理的 pH 分别比 CK 增加约 1 个单位,差异达到显著水平。

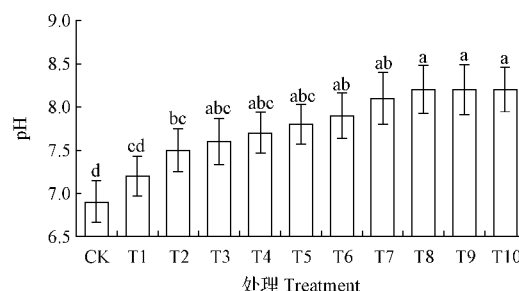


图 1 不同处理下基质 pH 的变化

Fig. 1 Changes of media pH in different treatments

2.1.2 添加矿粉对 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值的影响

基质中 NH_4^+ 浓度高会对种子和幼苗产生毒害作用,安全基质一般要求 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值小于 0.16。从图 2 可以看出,加入矿粉降低了基质中 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值,随矿粉添加浓度的增加降低幅度变大。每处理与 CK 相比,均达差异显著水平。当矿粉加入量为 5% 时,基质中 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值为 0.16,比 CK 降低 50%。当添加比例高于 5%

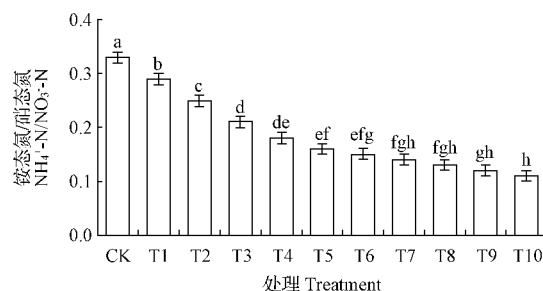


图 2 不同处理下基质 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 的变化

Fig. 2 Changes of media $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ in different treatments

后, $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 比值降低相对缓慢。

2.1.3 添加矿粉对基质中丁酸含量的影响 农业废弃物腐解过程产生的丁酸对种子发芽的幼苗根系有副作用。以农业废弃物为主要原料生产的基质中含有较高的丁酸, 含量高达 $125 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。添加矿粉会使丁酸含量降低, 每处理均与 CK 差异显著; 且随矿粉浓度的增加, 丁酸含量减小幅度越大(图 3)。与 CK 相比, 当矿粉添加比例为 7%、10% 时, 丁酸含量分别显著降低了 43.2%、54.4%。

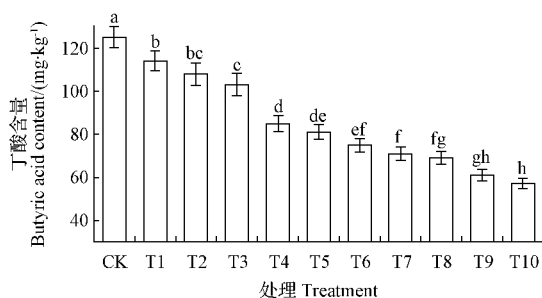


图 3 不同处理下基质丁酸含量的变化

Fig. 3 Changes of butyric acid content in different treatments

2.2 添加矿粉对种子发芽的影响

发芽势是指种子发芽达到高峰期的发芽率, 是衡量种子发芽整齐程度的指标^[15]。从图 4 可以看出, 随基质中添加矿粉浓度的增加, 小白菜的发芽势呈先升高后降低的趋势。T6、T7、T8 处理的小白菜发芽势达到最高, 分别比 CK 发芽势增加了 22.37%、22.87%、21.86%, 均显著高于 CK。T7 处理后, 随矿粉浓度增加, 小白菜发芽势开始降低, 但各处理的小白菜发芽势显著高于 CK。

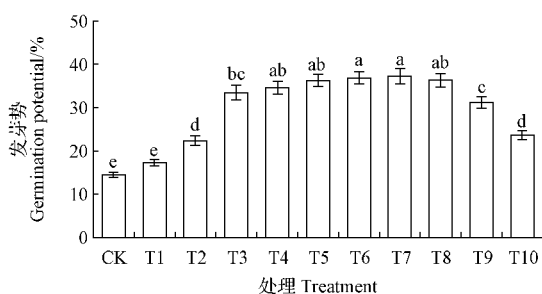


图 4 不同处理下小白菜种子发芽势的变化

Fig. 4 Changes of seed germination potential of *Brassica chinensis* L. in different treatments

发芽指数常用来衡量种子发芽的能力和活力。随着添加矿粉浓度的增加, 小白菜的发芽指数也呈先升高后降低的趋势(图 5), T6、T7、T8 处理的小白

菜发芽指数达到最高, 分别比 CK 增加了 29.7%、34.6%、26.8%, 与 CK 达到差异显著水平。T10 处理的小白菜发芽指数与 CK 差异不显著。

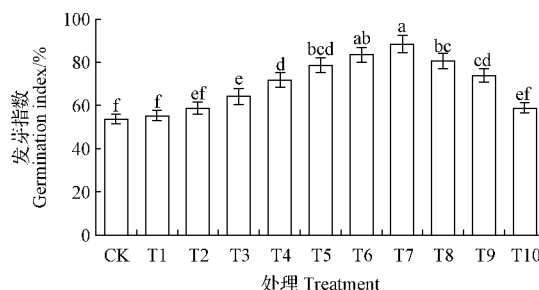


图 5 不同处理下小白菜种子发芽指数的变化

Fig. 5 Changes of seed germination index of *Brassica chinensis* L. in different treatments

发芽率是指种子发芽终止在规定时间内全部正常发芽种子粒数占供检种子粒数的百分率, 用以判断田间出苗率。从图 6 可以看出, 向基质中添加矿粉能在一定程度上提高小白菜的发芽率, 随着添加矿粉浓度的增加, 小白菜的发芽率呈先升高后降低的趋势, T7 处理的小白菜发芽率最高, 比 CK 显著增加了 35%。T10 处理的小白菜发芽率为 76%, 虽显著高于 CK, 但发芽率明显低于 T7 处理。

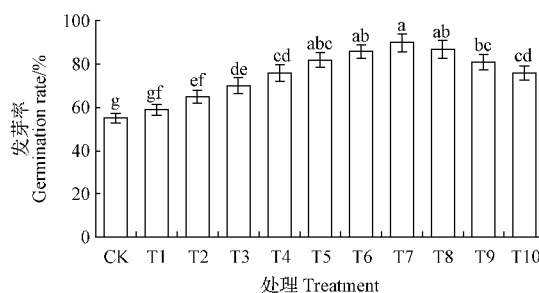


图 6 不同处理下小白菜种子发芽率的变化

Fig. 6 Changes of seed germination rate of *Brassica chinensis* L. in different treatments

2.3 添加矿粉对小白菜根系活力和叶绿素含量的影响

植物根系活力是反映植物根系对水分和营养物质的吸收能力, 并对维持植株各生理功能具有重要作用^[16]。根系环境变化非常敏感, 基质的肥力和基础理化性质不同, 导致根际环境有较大差异, 从而影响根系活力^[17]。随基质中添加矿粉浓度的增加, 小白菜的根系活力先增大后减小(图 7)。T7 处理的小白菜根系活力达到最高, 比 CK 提高了 70.21%, 二者差异显著。随着矿粉浓度达到 7% 以上后, 小白菜

的根系活力受到抑制, T10 处理比 CK 仅提高了 38.29%。

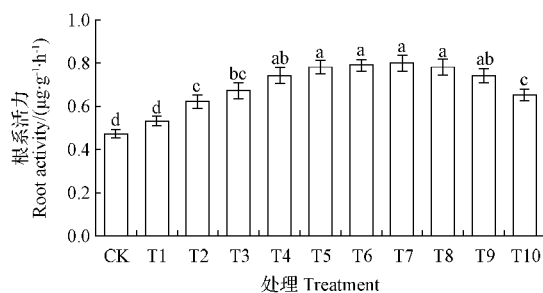


图7 不同处理下小白菜根系活力的变化

Fig. 7 Changes of root activity of *Brassica chinensis* L. in different treatments

叶绿素是光合作用膜中的绿色色素,是光合作用中捕获光的主要成分。作为果蔬的重要组成,叶绿素是一项重要的检测项目^[18]。从图8可以看出,随基质中添加矿粉浓度的增加,小白菜的叶绿素含量呈先增大后减小的趋势。T7处理的小白菜叶绿素含量达到最大,与CK相比增加了32.14%,差异显著。

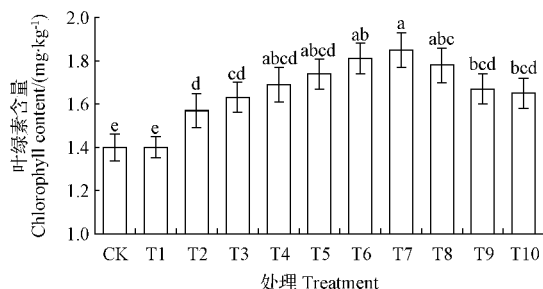


图8 不同处理下小白菜叶绿素含量的变化

Fig. 8 Changes of chlorophyll content of *Brassica chinensis* L. in different treatments

3 讨论与结论

不同类型农业废弃物在堆腐过程中酸碱性差异很大,一方面与分解形成的有机酸有关,同时受到腐解进程的影响^[4]。有研究指出,当腐解产物或基质中的有机酸的浓度高时会对种子发芽产生不良影响,尤其是丁酸这一类小分子有机酸,对植物具有一定的毒性^[13]。该试验研究表明,向以农业废弃物为主要原料生产的基质中加入含有碳酸钙的矿粉,能够与基质中的丁酸等发生反应,显著降低丁酸的含量,而且可以对基质pH起到调节作用,但又不至于引起基质pH的过度升高,这是因为碳酸盐一方面能与基质中的无机酸、有机酸发生反应,形成盐^[19]。

另一方面,又存在碳酸根和重碳酸根,对酸或碱性均有一定的缓冲性。

铵态氮浓度高时对种子发芽以及根系生长有一定毒害作用。基质或堆肥中 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值是堆肥腐熟的重要标志^[20]。目前多以比值小于0.16作为完全腐熟标准^[21-22]。 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值小于0.16时基质 NH_4^+ 不会引起毒害作用。该研究发现,矿粉加入量达到5%以上时基质达到完全腐熟标准(0.16)。这与基质酸碱性对氮素转化有关(二者相关性为-0.998 22, $P < 0.01$),添加矿粉后基质pH升高,促进 NH_4^+-N 向 NO_3^--N 转化,从而促进了基质达到完全腐熟标准,小白菜发芽指标随之升高。

基质育苗或栽培中对种子发芽或幼苗生长的影响是基质好坏的重要指标。RIFFALD等^[23]认为,当种子发芽指数 $\text{GI} > 0.8$ 时,基质对种子没有毒性。以农业废弃物为主要原料生产的基质存在有机酸含量高等问题,种子发芽率较低,该试验原始基质CK发芽指数GI仅为53.8%,明显低于80%。添加矿粉后有利于小白菜种子发芽,随着添加矿粉量增加,发芽率、发芽势和发芽指数逐渐提高,当矿粉浓度增加到7%时, $\text{GI} > 0.8$,基质基本腐熟。基质中添加矿粉,提高了小白菜的根系活力和叶绿素含量。加入矿粉不仅改善了基质的酸碱性,降低了小分子有机酸的毒性,促进了幼苗根系活力,而其所加矿粉中含有钙元素,钙元素是植物生长发育所必需的营养元素,可调节植物体内许多生理生化过程。因此,添加矿粉可以提高小白菜生理活性。

该研究初步证明,向以农业废弃物(秸秆、菌糠、畜禽粪便)为主要原料生产的育苗基质中添加一种富含碳酸钙的矿粉,可以降低基质中丁酸含量,促进铵态氮向硝态氮转化,适当提高基质pH、降低 $\text{NH}_4^+-\text{N}/\text{NO}_3^--\text{N}$ 比值。同时,添加矿粉可以提高小白菜种子发芽率、发芽势和发芽指数,增强了根系活力,提高叶绿素含量。综合评价基质的腐熟参数与小白菜生长指标,矿粉添加比例以7%最佳。

参考文献

- [1] 范如芹,罗佳,高岩,等. 农业废弃物的基质化利用研究进展[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(2): 442-448.
- [2] 刘振东,李贵春,杨晓梅,等. 我国农业废弃物资源化利用现状与发展趋势分析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(26): 13068-13070.
- [3] 薛书浩. 以玉米秸秆为主要原料的番茄无土栽培基质配方筛选[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2009.
- [4] 耿凤展. 番茄秸秆高温堆肥基质对番茄生长影响的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.

- [5] TIQUIA S M, TAM N F Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge[J]. Bioresource Technology, 1998, 65(1): 43-49.
- [6] 董佳, 牟溥. 硝态氮和铵态氮对翠菊根系生长的影响[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2013, 49(4): 374-378.
- [7] 王清奎. 石粉在育苗基质 pH 值调节中的应用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2003.
- [8] 柴小媛. 利用农业废弃物作为育苗基质及其性质改良[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [9] 关昕昕, 严重玲, 刘景春, 等. 钙对镉胁迫下小白菜生理特性的影响[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2011, 50(1): 132-137.
- [10] 张雪辰, 邓双, 杨密密, 等. 畜禽粪便堆腐过程中有机碳组分与腐熟指标的变化[J]. 环境科学学报, 2014, 34(10): 2559-2565.
- [11] 包先明, 何俊, 刘国锋. 藻华聚集的环境效应: 对凤眼莲生态学性状的影响[J]. 生态环境学报, 2016, 25(4): 656-663.
- [12] 胡亚利, 孙向阳, 龚小强, 等. 混合改良剂改善园林废弃物堆肥基质品质提高育苗效果[J]. 农业工程学报, 2014(18): 198-204.
- [13] 张雪辰. 禽畜粪便堆肥化过程碳氮转化规律及其受调控措施的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- [14] 李忠徽, 王旭东. 不同发酵辅料下牛粪腐解过程温度和养分的变化规律[J]. 农业环境科学学报, 2014(3): 471-477.
- [15] 龚磊. Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 胁迫对五种旱生植物种子萌发及幼苗生长的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [16] 吕德国, 秦嗣军. 樱桃根系生物学[M]. 北京: 北京科学出版社, 2011.
- [17] 刘旭凤. 基质配方的筛选及其对小白菜的生长效应[D]. 泰安: 山东农业大学, 2013.
- [18] 中国农业科学院农业质量标准与检测技术研究所. 农产品质量安全检测手册·果蔬及制品卷[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] 马保国, 徐立, 李相国, 等. 有机酸对碳酸钙热分解过程的影响[J]. 武汉理工大学学报, 2008, 30(4): 39-41, 182.
- [20] CARLOS G, TERESA H, FRANCISCO C. Study on water extract of sewage sludge composts[J]. Soil Science & Plant Nutrition, 2012, 37(3): 399-408.
- [21] BERNAL M P, NAVARRO A F, SANCHEZMONEDERO M A, et al. Influence of sewage sludge compost stability and maturity on carbon and nitrogen mineralization in soil[J]. Soil Biology & Biochemistry, 1998, 30(3): 305-313.
- [22] 张相锋, 王洪涛, 周辉宇, 等. 花卉秸秆和牛粪联合堆肥的中试研究[J]. 环境科学学报, 2003, 23(3): 360-364.
- [23] RIFFALD I R, LEVI-MINZI R, PERA A, et al. Evaluation of compost maturity by means of chemical and microbial analyses[J]. Waste Management & Research, 1986, 4(1): 387-396.

Effect of Mineral Powder on Chemical Property of Seedling Substrate Produced From Agricultural Waste

LIU Dan¹, ZHANG Xia¹, CHAI Xiaoyuan¹, ZHAO Shixiang¹, LI Zhonghui¹, WANG Xudong^{1,2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100; 2. Key Laboratory of Plant Nutrition and Agri-Environment in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling, Shannxi 712100)

Abstract: The seedling substrate produced from agricultural waste (straw, livestock manure, etc.) rather than peat has high content of small molecule organic acid and ammonium salt. This property could affect seed generation and seedling growth. To reduce this side effect, the substrate which the main raw material of fungus chaff, sawdust and poultry manure, produced by a company in Yangling was used as the main material. And the chemical property of substrate was changed by adding different percent of a certain kind of mineral powder in order to study its influence on the chemical property of seedling substrate, the germination and physiological indexes of *Brassica chinensis* L. The results showed that adding mineral powder to the substrate can increase the pH of media, while decrease the ratio of $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ and the content of butyric acid. When the addition ratio was 7%, the seed germination rate, germination potential, germination index, root activity and chlorophyll content of *Brassica chinensis* L. were increased significantly by 35%, 22.87%, 34.6%, 70.2%, 32.1% respectively, in comparison with the substrate without any mineral power.

Keywords: agricultural wastes; seedling substrate; mineral powder; *Brassica chinensis* L.; germination rate; root activity