

菜心的养分吸收和分配规律研究

张雨萌, 柴喜荣*, 康云艳, 杨暹, 毛妃凤, 樊芳菲 (华南农业大学园艺学院, 广东广州 510642)

摘要 [目的]研究菜心的养分吸收和分配规律。[方法]以菜心早熟品种“碧绿粗薹”为材料,采用水培方法,研究菜心发芽期、幼苗期、花芽分化期、现蕾期、采收期生物量积累动态变化及养分吸收规律。[结果]菜心植株发芽期和幼苗期生长缓慢,花芽分化期后植株快速生长,生物量显著积累。总体而言,菜心进入花芽分化期后,植株对养分的吸收量快速增长;整个生育期间,植株对N元素的吸收量最大,其次为P、K元素,微量元素中对Mn、Fe的吸收量较大;5个发育周期中,菜心植株体内N:P:K比值分别为36:7:1、12:1:1、4:2:1、7:2:1、7:2:1;花芽分化期,N/K、N/P、N/B的比值均显著低于其他生育期。[结论]该研究为菜心种植过程中营养的丰缺诊断及精准施肥提供了理论依据。

关键词 菜心;水培;干物质积累;养分吸收

中图分类号 S634.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)35-0055-05

Nutrient Uptake and Distribution Law of Flowering Chinese Cabbage

ZHANG Yu-meng, CHAI Xi-rong*, KANG Yun-yan et al (College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642)

Abstract [Objective] To research nutrient uptake and distribution law of flowering Chinese cabbage. [Method] With flowering Chinese cabbage 'Bilvcutai' as the research materials, a hydroponic experiment was conducted to study biomass accumulation and nutrient absorption in the plants during germination stage, seedling stage, floral bud differentiation stage, budding stage and harvest stage. [Result] The dry matter and nutrient contents in Chinese flowering cabbage accumulated slowly at germination and seedling stage, while they increased faster after floral bud differentiation. During the whole growth period, the content of N was the highest, followed with P and K. The plants accumulated higher contents of Mn and Fe among microelements. The ratios of N:P:K were 36:7:1, 12:1:1, 4:2:1, 7:2:1 and 7:2:1 during 5 different growth stage. The ratios of N/K, N/P, N/B were especially higher than the other growth period. [Conclusion] This research provided theoretical basis for nutrient diagnosis and precision fertilization in the production of flowering Chinese cabbage.

Key words Flowering Chinese cabbage; Hydroponic; Dry matter accumulation; Nutrient absorption

菜心又名菜薹,为十字花科芸薹属芸薹种白菜亚种的一个变种,是我国特产蔬菜,也是华南地区栽培规模最大的蔬菜种类之一,在周年供应及出口创汇中起着举足轻重的作用。菜心生产过程中,由于过分追求高产,长期过量投入化肥,肥料利用率下降,菜地土壤生态环境恶化^[1],同时,施肥量、施肥比例和施肥方式不当,极易造成菜心产量和营养品质下降,同时加剧了病虫害的发生^[2-4]。

随着生活水平的不断提高,人们的保健意识不断加强,对蔬菜的品质要求越来越高。目前虽已有关于外源施用氮肥对菜心养分吸收规律影响的报道^[5],但主要集中在氮素形态对采收期菜心植株中矿质养分吸收和硝酸盐累积的影响。关于菜心不同生育期植株体内矿质养分尤其是微量元素动态吸收规律的研究尚鲜见报道。鉴于此,笔者以早熟菜心品种“碧绿粗薹”为试验材料,采用水培法,研究菜心不同生育期养分吸收规律,旨在为菜心的合理施肥以及营养的丰缺诊断提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与植株培养 以菜心早熟品种“碧绿粗薹”为试材。2015年9月25日种子播种于穴盘内,育苗基质为珍珠岩,常规管理。10月9日第1片真叶展平时定植于盛有1/2

剂量 Hoagland 营养液的塑料箱(61 cm×42 cm×15 cm)中,培养期间每7 d更换1次营养液。

1.2 取样时间及测定指标 分别于发芽期、幼苗期、花芽分化期、现蕾期和采收期采样。9月28日,80%植株幼苗的2片子叶展平,定义为发芽期;10月9日幼苗长出两叶一心时即为幼苗期;10月23日于电子显微镜下观察确定花芽分化时期;11月9日于菜心的新叶部位有小花蕾刚刚出现时,即为现蕾期;11月23日菜心抽薹即为抽薹期。

形态指标测定:分别测定菜心发芽期、幼苗期和花芽分化期整株鲜重和干重;分别测定现蕾期和采收期地上部与下部的鲜重和干重。

生理指标测定:测定菜心植株体内氮(N)、磷(P)、钾(K)、钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锰(Mn)、铜(Cu)、锌(Zn)、硼(B)的含量。

1.3 测定方法

1.3.1 鲜重。取菜心样品,洗净珍珠岩和营养液,擦干水分,于万分之一天平测定重量。

1.3.2 干重。取菜心样品,洗净珍珠岩和营养液,擦干水分,置于105℃烘箱杀青15 min,然后75℃烘至恒重,于万分之一天平测定重量。

1.3.3 全N、P、K、Cu、Zn、B、Ca、Mg、Fe、Mn含量。N采用凯氏定氮法测定^[6]。K、Cu、Zn、Ca、Mg、Fe、Mn采用美国瓦里安公司SpectrAA 220Fs火焰原子吸收光谱仪进行测定。磷的测定所用仪器为ICPOES,上机溶液浓度单位为mg/g。硼的测定所用仪器为ICPMS,上机溶液浓度单位为ng/mL。

1.4 数据处理 数据经Excel 2010处理后,应用Spss软件

基金项目 广东省省级科技计划项目(2014A020209068);深圳市科技攻关项目(JSGG20141017093744210);校级大学生创新创业训练计划项目(201510564124);广东现代农业产业技术体系(2016LMI1109)。

作者简介 张雨萌(1994—),女,辽宁沈阳人,硕士,研究方向:蔬菜栽培与分子生物学。*通讯作者,实验师,硕士,从事蔬菜栽培与分子生物学研究。

收稿日期 2017-10-30

进行方差分析和数据比较。

2 结果与分析

2.1 菜心植株各生育期干、鲜重变化 由表1可知,整个生育期,菜心生物量积累呈明显上升趋势,发芽期至幼苗期上

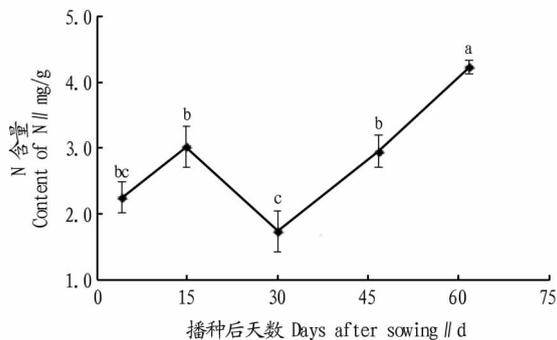
升缓慢,干鲜比相差较小;现蕾期进入快速生长期,生物量迅速积累,到采收期后积累量达到最大;整个生育期植株鲜重含水量为91.21%~93.88%。

表1 菜心各生育期鲜重和干重及干重增量变化

Table 1 Changes of fresh weight, dry weight and dry weight increment in each stage of flowering Chinese cabbage

生育期 Growth stage	鲜重 Fresh weight//g/株	干重 Dry weight//g/株	干重/鲜重 Dry weight/fresh weight
发芽期 Germination stage	0.027 ± 0.000 54	0.002 3 ± 5.773 5E - 05	0.066
幼苗期 Seedling stage	0.136 ± 0.000 12	0.009 7 ± 8.819 17E - 05	0.071
花芽分化期 Floral bud differentiation stage	2.918 ± 0.001 70	0.256 4 ± 0.000 57	0.088
现蕾期 Budding stage	28.245 ± 0.003 70	1.858 0 ± 0.004 04	0.156
采收期 Harvest stage	62.204 ± 0.010 50	3.804 0 ± 0.000 88	0.158

2.2 菜心植株对 N、P、K、Ca、Mg、Cu、Fe、Mn、Zn、B 元素的吸收规律 从图1可以看出,菜心生育期 N 含量呈现动态变化,花芽分化期最低, N 含量为1.74 mg/g;采收期含量最高,为4.23 mg/g;发芽期至幼苗期, N 含量上升了34.1%;幼苗期至花芽分化期, N 含量下降了42.3%;花芽分化期至采收期,植株体内 N 含量迅速增加,上升了143.0%,说明花芽分化期菜心需 N 量较少,现蕾期及采收期需要较多的 N 肥。



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图1 不同生育期菜心植株体内 N 含量

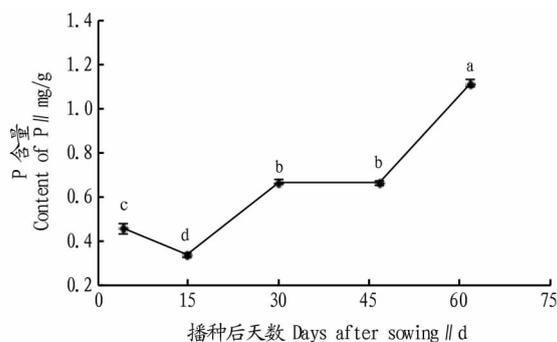
Fig.1 Contents of N in flowering Chinese cabbage in different growth stages

从图2可以看出,菜心生育期 P 含量呈先下降后升高趋势,发芽期到幼苗期,植株体内 P 含量有下降趋势,下降了27%;幼苗期到花芽分化期明显上升,到了采收期,植株内 P 含量达到最大值,为1.12 mg/g。

从图3可以看出,菜心生育期 K 含量呈现上升趋势,发芽期 K 含量为0.06 mg/g,至花芽分化期, K 含量急剧上升,为0.44 mg/g,升高了614.8%;花芽分化期至现蕾期, K 含量基本不变;至采收期, K 含量达到最大值,为0.62 mg/g。

从图4可以看出,菜心生育期 Ca 的含量呈现升—降—升动态变化,发芽期至幼苗期,植株体内 Ca 的含量急剧升高,上升了139.6%;幼苗期至现蕾期, Ca 的含量下降了41.7%;现蕾期至采收期,植株体内 Ca 的含量迅速增加,上升了96.0%。

从图5可以看出,菜心生育期 Mg 的含量呈现升—降—

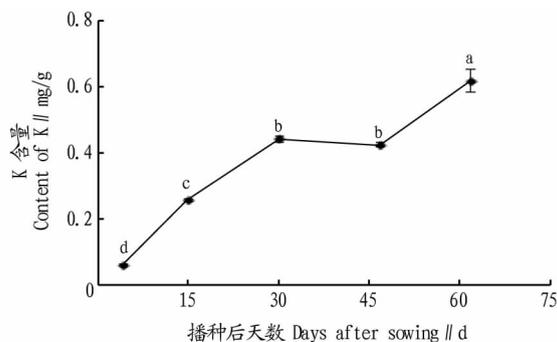


注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图2 不同生育期菜心植株体内 P 含量

Fig.2 Contents of P in flowering Chinese cabbage in different growth stages



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

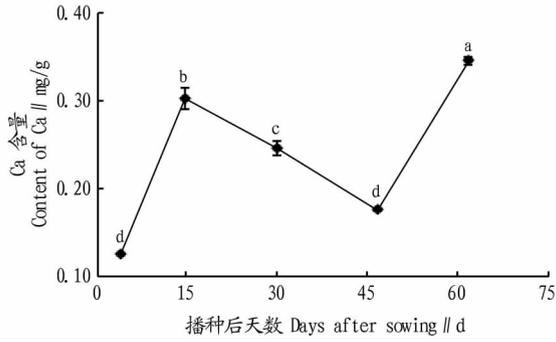
Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图3 不同生育期菜心植株体内 K 含量

Fig.3 Contents of K in flowering Chinese cabbage in different growth stages

升动态变化,发芽期至幼苗期,植株体内 Mg 的含量缓慢升高,上升了39.6%;幼苗期至现蕾期, Mg 的含量下降了36.1%;现蕾期至采收期,植株体内 Mg 的含量迅速上升,升高了75.2%。

从图6可以看出,菜心生育期 Cu 含量呈现先缓慢下降又急剧升高趋势,发芽期至现蕾期, Cu 含量降低了25.4%;花芽分化期至采收期,菜心 Cu 含量迅速上升,升高了456.9%。

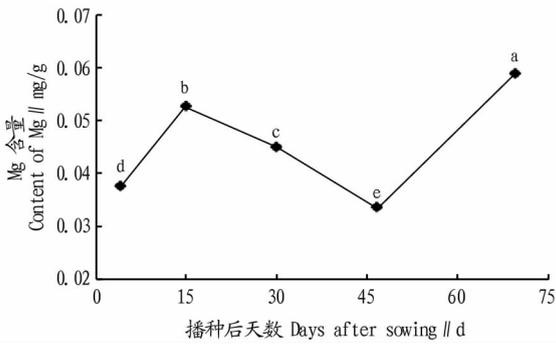


注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图4 不同生育期菜心植株体内Ca含量

Fig. 4 Contents of Ca in flowering Chinese cabbage in different growth stages

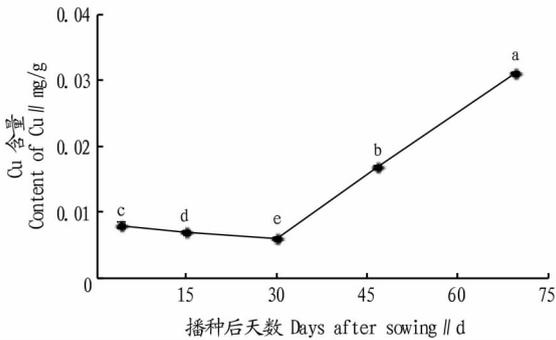


注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图5 不同生育期菜心植株体内Mg含量

Fig. 5 Contents of Mg in flowering Chinese cabbage in different growth stages



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

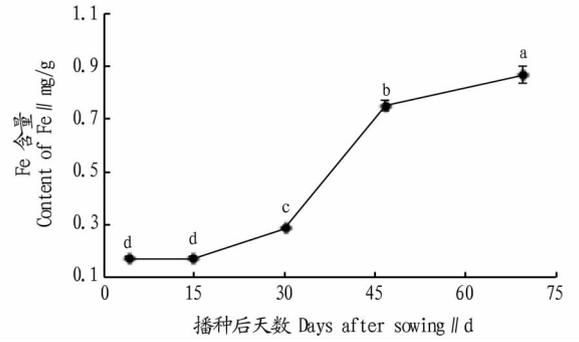
Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图6 不同生育期菜心植株体内Cu含量

Fig. 6 Contents of Cu in flowering Chinese cabbage in different growth stages

从图7可以看出,菜心生育期Fe含量呈现上升趋势,发芽期至花芽分化期,植株体内Fe的含量由0.17 mg/g上升到0.28 mg/g,上升了64.8%;花芽分化期后,菜心植株体内Fe的含量迅速增加,至采收期Fe含量达到最大值,为0.87 mg/g,与发芽期相比,上升了398.9%。

从图8可以看出,菜心生育期Mn含量呈现逐渐上升趋势,发芽期至采收期Mn含量由0.03 mg/g上升到



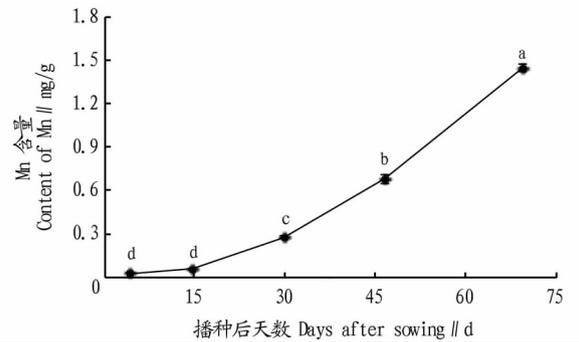
注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图7 不同生育期菜心植株体内Fe含量

Fig. 7 Contents of Fe in flowering Chinese cabbage in different growth stages

1.45 mg/g,升高了4 859.7%,增加幅度较大。



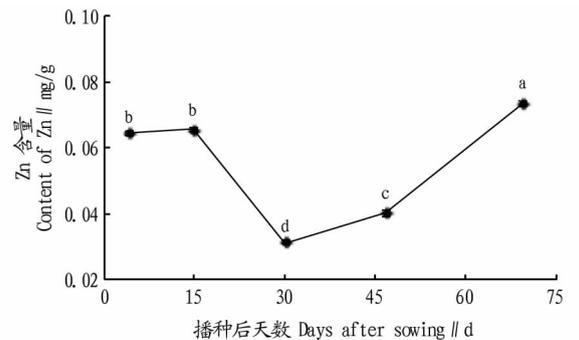
注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图8 不同生育期菜心植株体内Mn含量

Fig. 8 Contents of Mn in flowering Chinese cabbage in different growth stages

从图9可以看出,菜心生育期Zn含量呈现先下降后升高趋势,花芽分化期Zn含量最低,为0.03 mg/g;采收期Zn含量最高,为0.07 mg/g。



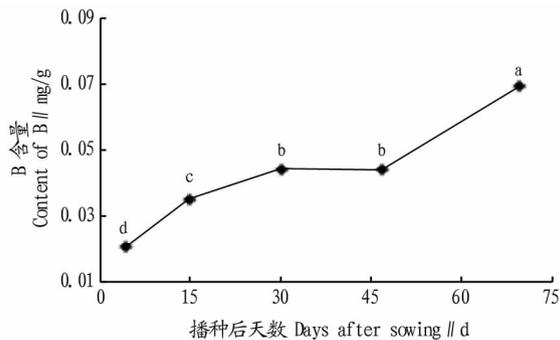
注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图9 不同生育期菜心植株体内Zn含量

Fig. 9 Contents of Zn in flowering Chinese cabbage in different growth stages

从图10可以看出,菜心生育期B含量呈现逐步升高趋势;发芽期至采收期,B含量由0.02 mg/g上升到0.07 mg/g,升高了235.7%。



注:不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases indicated significant differences ($P < 0.05$)

图 10 不同生育期菜心植株体内 B 含量

Fig. 10 Contents of B in flowering Chinese cabbage in different growth stages

2.3 现蕾期和采收期菜心地上部和根系中 N、P、K 的含量 从表 2 可以看出,现蕾期至采收期,地上部 N、K 元素均显著积累,分别上升了 96.95% 和 90.76%;根系中 N、K 元素无显著变化。现蕾期至采收期,地上部和根系中 P 元素均显著积累,分别上升了 83.92% 和 73.52%。

由表 3 可知,现蕾期至采收期,地上部 Zn、Ca、Mg、B 元素均显著积累,分别上升了 145.51%、96.43%、114.18%、75.3%;根系中除 Mg 元素外,其他元素的吸收量均显著积累。现蕾期至采收期,地上部和根系中 Zn、Ca、B 元素均显著积累,其中 Zn 元素吸收量分别上升了 145.5%、60.1%;Ca 元素吸收量分别上升了 105.2%、66.20%;B 元素吸收量分别上升了 75.3%、30.5%。

2.4 不同生育期菜心植株中各元素吸收量的比值 从表 4 可以看出,整个生长发育周期中,菜心植株体内 N 元素含

表 2 现蕾期、采收期菜心地上部和根系对大量元素的吸收规律

Table 2 Absorption law of aboveground part and root system to macroelement at budding stage and harvest stage

发育期 Growth stage	部位 Part	N 含量 N content	P 含量 P content	K 含量 K content
现蕾期 Budding stage	地上部	3.58 ± 0.270 98 b	0.623 17 ± 0.005 57 d	0.535 33 ± 0.015 55 b
	根系	2.32 ± 0.378 52 c	0.728 77 ± 0.012 88 c	0.314 67 ± 0.004 37 c
采收期 Harvest stage	地上部	6.77 ± 0.437 15 a	1.378 40 ± 0.102 50 a	0.984 70 ± 0.055 50 a
	根系	1.69 ± 0.297 40 c	0.842 90 ± 0.023 35 b	0.252 30 ± 0.012 67 c

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

表 3 现蕾期、采收期菜心地上部和根系对微量元素的吸收规律

Table 3 Absorption law of aboveground part and root system to microelement at budding stage and harvest stage

发育期 Growth stage	部位 Part	Cu 含量 Cu content	Mn 含量 Mn content	Fe 含量 Fe content	Zn 含量 Zn content	Ca 含量 Ca content	Mg 含量 Mg content	B 含量 B content
现蕾期 Budding stage	地上部	0.006 39 ± 0.000 77 c	1.05 ± 0.045 60 b	0.214 3 ± 0.019 4c	0.029 10 ± 0.000 2 c	0.27 ± 0.007 1 b	0.044 67 ± 0.000 2 b	0.053 0 ± 0.003 24 b
	根系	0.027 37 ± 0.001 09 b	0.31 ± 0.017 10 c	1.290 0 ± 0.036 0 b	0.058 13 ± 0.000 2 b	0.08 ± 0.006 5 d	0.022 60 ± 0.000 5 c	0.035 4 ± 0.003 13 c
采收期 Harvest stage	地上部	0.007 54 ± 0.001 24 c	0.37 ± 0.012 88 c	0.241 1 ± 0.066 9 c	0.053 77 ± 0.001 6 b	0.55 ± 0.016 2 a	0.095 67 ± 0.000 3 a	0.092 92 ± 0.003 20 a
	根系	0.054 70 ± 0.001 09 a	2.53 ± 0.059 25 a	1.498 7 ± 0.004 7 a	0.093 07 ± 0.001 6 a	0.14 ± 0.007 2 c	0.022 17 ± 0.000 4 c	0.046 29 ± 0.002 7 b

注:同列不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences ($P < 0.05$)

表 4 不同生育期菜心植株中氮元素与其他营养元素的比值

Table 4 Ratio of N nitrogen to other nutrient elements of flowering Chinese cabbage in different growth stages

发育期 Growth stage	N/K	N/P	N/Cu	N/Mn
发芽期 Germination stage	36.399 460 920	4.936 226 21	300.493 992 0	76.990 877 990
幼苗期 Seedling stage	11.726 813 470	9.025 271 56	449.062 500 0	49.851 872 250
花芽分化期 Floral bud differentiation stage	3.936 802 413	2.606 173 98	311.282 051 3	6.274 278 846
现蕾期 Budding stage	6.946 207 843	4.456 794 25	176.721 839 8	4.350 977 647
采收期 Harvest stage	6.835 804 365	3.783 535 31	135.815 772 6	2.916 092 284

发育期 Growth stage	N/Fe	N/Zn	N/Ca	N/Mg	N/B
发芽期 Germination stage	12.910 325 050	35.003 110 4	17.815 567 20	59.647 526 5	108.550 953 0
幼苗期 Seedling stage	17.376 391 550	46.118 695 8	9.970 374 44	57.298 101 2	85.299 376 0
花芽分化期 Floral bud differentiation stage	6.055 916 473	55.652 452 0	7.063 870 09	38.639 526 2	39.038 033 5
现蕾期 Budding stage	3.924 846 000	73.772 719 7	16.730 735 80	87.774 182 3	66.729 819 4
采收期 Harvest stage	4.860 265 548	57.588 354 1	12.225 383 10	71.761 442 7	60.739 500 1

量最高。花芽分化期后,植株对 K 元素需求比例显著升高,发芽期 N/K 比值为采收期的 5.32 倍。N/P 比值在整个生育期中相对稳定。整个生长发育周期中,菜心植株体内 N:P:K 比值分别为 36:7:1、12:1:1、4:2:1、7:2:1、7:2:1。微量元素中,菜心植株对 Mn、Fe 2 种元素的需求较大,且随着植株发育需求量逐渐增大,发芽期 N/Mn 和 N/Fe 比值分别为采收期的 26.40 和 2.66 倍。菜心发育期间对微量元素 Ca 的需求仅次于 Mn、Fe, N/Ca 比值为 7.06 ~ 17.82。整个生长期中,菜心对微量元素 Cu、Zn、Mg、B 的需求量较少。值得注意的是,花芽分化期 N/K、N/P、N/B 的比值均低于其他生育期。

3 结论与讨论

李鸿伟等^[7-9]研究表明,超高产栽培小麦和水稻对 N、P、K 的吸收和积累均表现出生育前期较低、生育中期和后期较高的特点。余砾等^[10]研究表明,各时期 N、P、K 在烤烟体内分布由大到小依次为叶、茎、根。李永胜等^[1]研究表明,菜心对 N、P、K 的吸收动态与植株干物质的增长动态基本一致,菜心对 N、P、K 的吸收与植株生长和菜薹形成密切相关,N、P、K 合理配施能提高菜心产量。汤宏等^[11-13]在白菜和甘蓝上的研究也表明,植株对 N、P、K 3 种养分的吸收主要集中在生长发育的中、后期,故在蔬菜生产中肥料应根据蔬菜生长发育的不同阶段分批分次施用。李国龙等^[14]研究表明,推荐施肥的 N、P、K 化肥利用率明显高于习惯施肥处理,推荐处理的化肥 N、P、K 的利用率分别为 25.8%、17.6% 和 35.7%,而习惯施肥处理的化肥 N、P、K 的利用率分别为 15.9%、6.5% 和 19.7%。张涛等^[15]研究表明,在同一施氮量不同磷钾配比处理下,黄瓜和番茄植株地上部干重、养分吸收量和产量均显著高于对照。

该试验研究表明,菜心从发芽期至幼苗期生长缓慢,花芽分化期后开始进入快速生长期,生物量迅速积累,现蕾后至采收(即形成菜薹)增长最快。除了微量元素 Ca、Mg 外,菜心对其他大量和微量元素的吸收在花芽分化期之后迅速上升直至采收,表明花芽分化期是菜心干物质和养分吸收量快速增长的标志性时期。

整个生长发育周期中,菜心对 3 种大量元素的吸收量由大到小依次为 N、P、K;5 个生长发育期,菜心植株体内 N:P:K 比值分别为 36:7:1、12:1:1、4:2:1、7:2:1、7:2:1;花芽分化期后,植株对 K 元素需求比例显著升高,发芽期 N/K 比值为采

收期的 5.32 倍;N/P 比值在整个生育期中相对稳定。结果表明,花芽分化期后,植株进入快速增长期,叶面积快速增长,对 N、P、K 3 种大量元素的需求迅速增加,对 P、K 元素,尤其是 K 元素的需求比例增加。因此,菜心生长过程中,尤其是花芽分化期后应按需追肥,适当增加 P、K 肥,这对于提高菜心植株产量具有重要作用。微量元素中,菜心植株对 Mn、Fe 的吸收量较大,且随着植株的发育需求量逐渐增大,采收期 Mn/N 和 Fe/N 比值分别为发芽期的 17.70 和 3.29 倍。整个生长期中,菜心对微量元素 Cu、Zn、Mg、B 的需求量较少。因此,菜心生产中,尤其是水培等无土栽培生产中,生长后期应注意是否有 Mn、Fe 元素的缺乏症状。另外,值得注意的是,花芽分化期 K/N、P/N、B/N 的比值均显著高于其他生育期,这说明 P、K、B 3 种元素可能参与了菜心的花芽分化。

参考文献

- [1] 李永胜,杜建军,王浩,等. 氮磷钾配施对菜心生长及土壤养分状况的影响[J]. 广东农业科学,2011(2):53-56.
- [2] 郭巨先,刘玉涛,杨暹. 钾营养对菜薹(菜心)炭疽病发生和植株防御酶活性的影响[J]. 中国蔬菜,2012(14):86-89.
- [3] 康云艳,冯新富,杨暹. 过量磷对菜心植株生长和产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2011(15):70-72.
- [4] 李永胜,杜建军,张稳成,等. 菜心减量优化施肥效应研究[J]. 北方园艺,2014(14):18-21.
- [5] 艾绍英,王美丽,姚建武,等. 氮素营养条件对菜心吸收矿质养分的影响及其与硝酸盐累积的关系[J]. 农业环境科学学报,2003,22(5):578-581.
- [6] 吕貽忠,李保国. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [7] 李鸿伟,杨凯鹏,曹转勤,等. 稻麦连作中超高产栽培小麦和水稻的养分吸收与积累特征[J]. 作物学报,2013,39(3):464-477.
- [8] 何文寿,马琨,代晓华,等. 宁夏马铃薯氮、磷、钾养分的吸收累积特征[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(6):1477-1487.
- [9] 谢佳贵,侯云鹏,尹彩侠,等. 施钾和秸秆还田对春玉米产量、养分吸收及土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2014,20(5):1110-1118.
- [10] 余砾,高明,王子芳,等. 土壤水分对烤烟生长、物质分配和养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(4):989-995.
- [11] 汤宏,张杨珠,龙怀玉,等. 不同施肥处理对白菜和甘蓝产量及养分吸收的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2010,36(6):705-709.
- [12] 侯金权,张杨珠,龙怀玉,等. 不同施肥处理对白菜的物质积累与养分吸收的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(5):200-204.
- [13] 常丽新. 施用钾肥对甘蓝产量、品质及养分吸收状况的影响[J]. 河北农业科学,2001,5(2):18-21.
- [14] 李国龙,唐继伟,黄绍文,等. 氮磷钾均衡管理对戈壁滩日光温室基质栽培秋冬茬番茄产量与养分吸收的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(2):49-56.
- [15] 张涛,闵炬,施卫明,等. 不同磷钾肥配比对大棚蔬菜养分吸收、产量及品质的影响[J]. 江苏农业学报,2008,24(5):668-673.

(上接第 54 页)

大,采用一系列工艺将其中的重金属进行脱除,并酶解为小分子物质后,就可以做成有机肥在蔬菜上加以应用,这样不但可以将工业废弃物进行再生处理,减轻对环境的危害,还可以提高蔬菜品质,变废为宝,为循环农业发展提供了一条新的途径。

参考文献

- [1] 姚建刚,李涛,曹守军,等. 制革下脚料酶解物对番茄生长的影响[J].

- 长江蔬菜,2016(10):78-80.
- [2] 姚建刚,李涛,夏秀波,等. 制革下脚料酶解物在黄瓜生产中的应用[J]. 北方园艺,2015(21):39-41.
- [3] 张玉凤,邵玉环,董亮,等. 含寡糖水溶肥对菠菜生长、品质和生理生化指标的影响[J]. 中国土壤与肥料,2014(3):72-77.
- [4] 申飞,刘满强,李辉信,等. 蚓粪和益生菌互作对土壤性状、菠菜产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2016(5):90-95.
- [5] 邢素芝,汪建飞,李孝良,等. 氮肥形态及配比对菠菜生长和安全品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(2):527-534.
- [6] 王小波,卢树昌,王瑞,等. 蚯蚓粪与蛭石结合对设施菠菜生长和品质的影响[J]. 北方园艺,2014(18):63-66.