

菜地土壤基础供氮量对小白菜产量及氮素利用率的相关关系研究

严瑾^{1,2}, 黄丹枫¹, 张屹东¹, 朱恩²

(1. 上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240; 2. 上海市农业技术推广服务中心, 上海 201103)

摘要 [目的]研究露地菜田的基础供氮能力对小白菜产量、肥料利用率的影响。[方法]通过基础供氮量试验,建立土壤基础供氮量与小白菜产量(无氮区)、小白菜氮素利用率之间的相关关系方程。[结果]5个试验点的菜地土壤基础供氮量与小白菜产量的效应函数为: $y = 46.616 \ln(x) - 26.378$ 。5个试验点每生产100 kg小白菜平均需要吸收氮素3.11 kg。[结论]每公顷施用纯氮(N)166 kg,基本可以达到小白菜优质、高产对氮素的需求,肥料利用率在24%以上。

关键词 土壤; 供氮量; 小白菜; 利用率**中图分类号** S143.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)16-05071-03

Correlation between Basic Amounts of Soil Nitrogen Supply Rates on Pakchoi (*Brassica chinensis*) Yield and Nitrogen Use Efficiency
YAN Jin et al (School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240; Shanghai Agricultural Technology Extension and Service Center, Shanghai 201103)

Abstract [Objective] The research aimed to study various factors of nitrogen supply on yield and fertilizer use efficiency of pakchoi. [Method] Through the basic nitrogen supply test, the correlation equation between the basic amounts of soil nitrogen supply, the yield of pakchoi (without nitrogen) and nitrogen utilization rate was established. [Result] The basic amounts of soil nitrogen and pakchoi yield was $y = 46.616 \ln(x) - 26.378$. In Shanghai vegetable farm, every 100 kg pakchoi demanded 3.11 kg nitrogen. [Conclusion] 166 kg nitrogen fertilizer in each hectare could meet the demand of pakchoi (*Brassica chinensis*) with high yield. And the nitrogen use efficiency was above 24%.

Key words Soil; Nitrogen supply; Pakchoi (*Brassica chinensis*); Use efficiency

绿叶蔬菜含水量高,富含丰富的维生素,口感鲜嫩,对维持人们正常生理功能和增进健康具有非常重要的营养价值^[1],一直以来深受上海市民的喜爱。各届上海市领导都非常重视菜篮子工程建设,特别强调绿叶菜的自保面积。截至2014年1月3日,上海市蔬菜在田面积3.55万hm²,其中绿叶菜在田面积1.58万hm²。地产蔬菜日均上市量9900 t,其中绿叶菜4850 t^[2]。农户为了提高蔬菜产量,氮素化肥的施用量越来越大^[3],但是氮肥的利用率并没有因此增加。这不仅造成养分比例的失调,限制蔬菜品质的改善,而且造成农业成本的虚高,也加重了农业环境的负担^[4]。氮肥的过量施用不仅使蔬菜中硝酸盐累积,影响蔬菜品质,而且使地下水、饮用水中的硝态氮含量超标,给生态环境造成潜在威胁^[5]。随着上海市蔬菜种植面积的迅速扩大,蔬菜合理施肥引起人们的广泛重视,但研究技术较薄弱。张桥等^[6]对广东小白菜和菜心为代表的叶菜测土施肥试验研究表明,土壤养分高产临界指标分别为碱解氮190 mg/kg、有效磷95 mg/kg和速效钾107 mg/kg。章明清等^[7-9]对福建主要蔬菜氮磷钾营养特性、施肥指标体系的研究表明,土壤肥力对蔬菜产量贡献率为50.9%±12.8%,随着土壤肥力等级的降低而明显下降;空白区产量与平衡施肥产量之间存在显著的线性关系。

自全国测土配方施肥技术项目^[10]立项以来,已过了近10年的时间。在过去的10年间,国内测土配方技术研究主要集中在粮棉油作物上。自2006年该项目实施以来,上海

市大田作物的测土配方技术已相当成熟,每年都会推出1~2个适用于本地作物生长习惯的专用配方肥。目前,专用配方肥的数量有20多个,广泛适用于大田作物以及蔬菜、果树等经济作物。

2010年开始,测土配方施肥项目的重心逐步从以大田作物为主向经济作物转移。由于经济作物品种繁多,茬口复杂,不同蔬菜对土壤肥力和肥料品种的需求都不同。因此,笔者以上海本地广泛种植的小白菜(*Brassica chinensis*)为试验材料,在全市选取5种土壤类型,设定不施氮的空白小区,并与常规施肥区对照,分析测定土壤中氮素含量(全氮、碱解氮等),记载不同时期的施肥量、常规区与无肥区的生物含氮量,研究不同土壤类型、不同产量水平氮肥吸收量、土壤地力氮素供给以及小白菜氮素当茬利用率,探讨上海市目前菜地土壤的供氮量和小白菜氮素利用现状,旨在进一步明确不同的土壤供氮量对小白菜生长的影响,为进一步实现氮素的合理运筹,从而为绿叶菜蔬菜的科学施肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料 小白菜品种为日本“华王”。供试肥料品种为尿素、12%普钙、50%硫酸钾。

1.2 试验设计 共设置5个试验点,分别设置在上海市崇明县城桥镇(以下简称城桥)、宝山区月浦镇(以下简称月浦)、奉贤区金汇镇(以下简称金汇)、青浦区朱家角镇(以下简称朱家角)和嘉定区外冈镇(以下简称外冈)。试验设3个处理,每个处理面积约为20 m²,重复3次。无肥区:不施任何肥料,仅记载产量;常规施肥区:按已有常规产量水平,确定氮、磷、钾肥配比用量,常规肥料为无机肥;无氮施肥区:不施氮肥、磷、钾肥,用单质肥料一次性作基肥施用,用量同常规区。3个区域均采用设施以防止串肥、渗肥。各试验地点的小白菜肥料施用量见表1。

基金项目 设施粮田菜地高产高效关键技术集成示范(蔬菜水肥一体化技术集成示范,沪农科推字(2013)第1-3号)。

作者简介 严瑾(1986-),女,上海人,助理农艺师,从事土壤肥料、生态农业及农业环境保护方面的研究。

收稿日期 2014-05-08

表1 试验施肥

地点	土壤类型	处理	施肥量//kg/hm ²		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
城桥	黄夹砂	常规施肥区(仅基肥)	255	50	50
		无氮施肥区	0	50	50
		无肥区	0	0	0
月浦 (仅基肥)	灰潮土	常规施肥区	195	50	50
		无氮施肥区	0	50	50
		无肥区	0	0	0
金汇	黄泥土	常规施肥区(仅基肥)	225	50	50
		无氮施肥区	0	50	50
		无肥区	0	0	0
朱家角 (仅基肥)	青黄泥	常规施肥区	112	50	50
		无氮施肥区	0	50	50
		无肥区	0	0	0
外冈	水稻土 (潮沙泥)	常规施肥区(仅追肥)	45	50	50
		无氮施肥区	0	50	50
		无肥区	0	0	0

1.3 田间操作 该试验为小白菜的原地直播栽培,用种量7.5 kg/hm²,小白菜整个生长期约为40 d。栽培管理按常规操作。在小白菜播种前,在试验点上按“S”形10点采样(0~20 cm)^[11],然后称取0.5 kg左右风干土,测定土壤全氮、碱解氮含量。在小白菜收割后,在各处理区取土样,取样方法与测试项目同上;同时,采取各处理小白菜植株鲜样,测定植株全氮含量。土壤碱解氮、全氮以及植株全氮的测定方法参照文献[12]。

1.4 数据处理 采用DPS V7.05软件和Microsoft excel软件对田间试验结果的数据做数据统计分析及差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 土壤中氮素含量与当季无氮区产量的关系 土壤中氮素含量在一定程度上可以反映该土壤的肥力水平^[13]。表2表明,无氮区全氮呈下降趋势,由试验前的1.60 g/kg下降到1.24 g/kg,下降幅度为22.5%;碱解氮由原来的125 mg/kg下降到105 mg/kg,下降幅度为18.9%,比全氮幅度略小。对无氮区产量与土壤基础含氮量间关系进行分析,发现当季无氮区的产量分别为朱家角>外冈>城桥>月浦>金汇。其中,除了嘉定区外冈镇外,其余全氮含量和土壤碱解氮含量与无氮区产量之间呈现一定的正相关性。外冈点由于试验地为第1年大棚转露地菜地,可能会有前一茬肥料的滞留效应,影响土壤含氮量的真实水平。

2.2 施氮肥量与小白菜产量的关系 由图1可知,5个点的磷、钾肥用量基本一致,P₂O₅、K₂O均在50 kg/hm²,施氮量变幅较大,在45~255 kg/hm²之间。对各点的3个处理间产量进行分析,发现城桥、月浦、金汇和朱家角的小白菜常规区的产量与无氮区相比有极显著性的提高(F 检验, $F_{0.05}=6.94$, $F_{0.01}=18.00$, $P<0.01$);外冈的小白菜常规区的产量与无氮区相比,产量差异不明显。由表3可知,除了月浦的植株含氮率略有下降外,其他各试验点小白菜的平均植株含氮量随

着氮素的施入由无氮区的3.11%上升为常规区的3.48%,为小白菜产量的提升奠定物质基础。由此可知,对于绿叶蔬菜,一定的施氮量能够为小白菜物质产量累积提供保障。但是,城桥的施氮量为5个点中最高,达到255 kg/hm²,但其常规区的产量并不是这5个试验点中最高的。严瑾等^[14]小白菜肥料运筹技术表明,氮肥施用量与小白菜产量之间呈现一元二次方程倒抛物线型曲线关系。

表2 无氮区土壤基础含氮量变化状况

地点	产量 kg/hm ²	全氮//g/kg		碱解氮//mg/kg	
		试验前	试验后	试验前	试验后
城桥	12 412	1.56	1.38	123	103
月浦	5 760	1.26	1.19	115	92
金汇	3 756	1.07	0.57	104	57
朱家角	59 173	2.00	1.18	134	112
外冈	22 189	2.07	1.24	117	102
平均	-	1.60	1.24	125	105

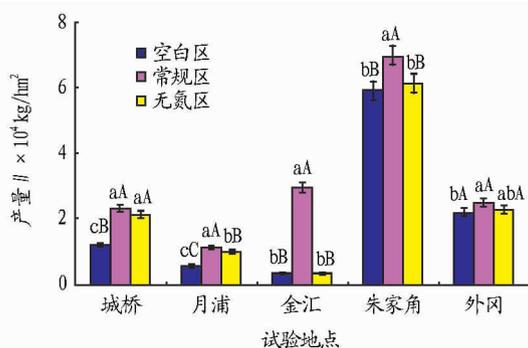


图1 不同地区3个处理间小白菜的产量

表3 常规区与无氮区施氮量、产量及其含氮量比较

地点	处理	施氮量//kg/hm ²	产量//kg/hm ²	植株含氮率//%
城桥	常规区	255	23 568	4.48
	无氮区	0	21 634	4.21
月浦	常规区	195	11 630	2.32
	无氮区	0	10 289	2.38
金汇	常规区	225	30 030	3.69
	无氮区	0	3 808	2.20
朱家角	常规区	112	69 400	4.61
	无氮区	0	61 289	4.52
外冈	常规区	45	25 292	2.31
	无氮区	0	23 193	2.23

2.3 土壤供氮量与无氮区产量的关系 不施氮空白区的小白菜吸氮量及其100 kg地上部可食部分吸氮量反映该土壤的基础供氮量。由表4可知,无氮区的小白菜产量变动幅度较大,除产量最低的金汇和最高的朱家角外,产量变动在20 000 kg/hm²左右;每百千克小白菜吸氮量在2.21~4.52 kg之间,平均为3.11 kg。

由图2可知,随着土壤基础供氮能力的上升,无氮区的产量呈现对数变化趋势,即土壤基础供氮能力越高,所对应土壤的产量也越高。当产量达到一定数量之后,增加速率趋于平缓。根据田间试验的结果,建立了上海市小白菜土壤基

础供氮量与无氮区产量的效应函数为 $y = 46.616 \ln(x) - 26.378$ 。由此可知,土壤基础供氮量是衡量土壤地力水平的一个重要指标。

表 4 无氮区不同产量水平的群体地上部氮素吸收量

地点	产量 kg/hm ²	氮素吸收量 kg/hm ²	土壤基础供氮量(每百 千克小白菜吸氮量) // kg
城桥	21 634	911	4.21
月浦	10 289	245	2.38
金汇	3 808	84	2.21
朱家角	61 289	2 770	4.52
外冈	23 193	517	2.23

注:氮素吸收量 = 无氮区产量 * 植株含氮率;土壤基础供氮量(每百
千克小白菜吸氮量) = 植株含氮率 * 100。

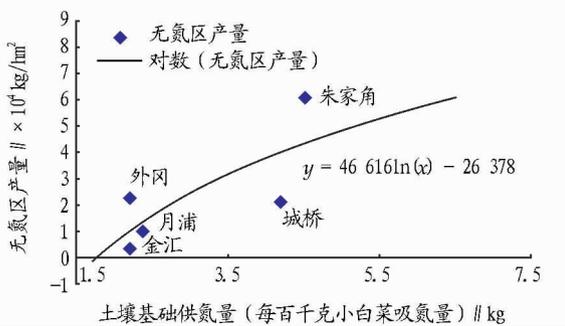


图 2 土壤基础供氮量与小白菜产量(无氮区)的关系

2.4 吸氮量与氮素利用率的关系 由表 5 可知,施用氮肥量最高达到 255 kg/hm² 的崇明县城桥镇,氮肥利用率仅为 8.68%;施用氮肥量最低为 45 kg/hm² 的嘉定区外冈镇,氮肥利用率为 50.55%,在 5 个点中达到最高。分析认为,城桥的土壤基础供氮量比外冈高出 1.98 kg,说明城桥菜地土壤对氮素的依赖程度要低于外冈,较高的氮肥施用量并不能够明显提高氮肥的利用率。另外,外冈是 5 个试验点中唯一氮素作追肥施用的地区。由此可见,不同的氮肥运筹方法也影响氮素利用率的高低。因此,关于氮素利用率,除了受客观因素如气候、土质、品种等影响外,肥料施用量、施用品种等也影响氮素的利用率。

表 5 常规区不同产量群体地上部氮素吸收量及其氮肥利用率

地点	产量 kg/hm ²	施氮量 kg/hm ²	土壤基 础供氮 kg	氮素 吸收量 kg/hm ²	每百千克 小白菜吸 氮量 // kg	氮肥 利用 率 // %
城桥	23 568	255	4.21	1 059	4.49	8.68
月浦	11 630	195	2.38	270	2.32	14.18
金汇	30 030	225	2.21	1 108	3.69	24.36
朱家角	69 400	112	4.52	3 199	4.61	22.90
外冈	25 292	45	2.23	584	2.31	50.55

注:氮肥利用率 = (常规区吸氮量 - 无氮区吸氮量) * (1 - 植株鲜样
水分) / 施氮量 * 100%。

3 结论与讨论

研究表明,5 个试验点当季无肥区的产量高低顺序为朱家角 > 外冈 > 城桥 > 月浦 > 金汇。其中,除外冈外,其余全氮含量和土壤碱解氮含量与无肥区产量之间呈现一定的正相关性。这说明土壤氮素含量在一定程度上反映土壤地力水平。无氮区的小白菜吸氮量及其 100 kg 地上部可食部分吸氮量反映该土壤的基础供氮量。它与小白菜无氮区产量之间呈现明显的对数型曲线。随着土壤基础供氮量的增加,小白菜产量(无氮区)也随之增加。基础供氮量与小白菜产量(无氮区)的效应函数为 $y = 46.616 \ln(x) - 26.378$ 。外冈是 5 个试验点中唯一氮素作追肥施用的地区,但其肥料利用率最高。研究还表明,氮素利用率除受客观因素如气候、土质、品种等影响外,肥料施用量、施用品种等也影响着氮素的利用率。5 个试验点每生产 100 kg 小白菜平均需要吸收氮素 3.11 kg,每公顷施用纯氮 166 kg,基本可以达到小白菜优质高产对氮素的需求,肥料利用率在 24% 以上。试验点较少,并不能代表整个上海市平均水平,需要在以后的工作中不断地完善数据。

参考文献

- [1] 熊国华,林咸永,永松,等. 施肥对蔬菜累积硝酸盐影响的研究进展[J]. 土壤通报,2004,35(2):217-221.
- [2] 国家统计局上海调查总队,上海市统计局,上海市农业委员会. 上海农村统计年鉴(2013)[M]. 上海,2013.
- [3] 郑惠典,李淑仪,廖新荣,等. 小白菜 NK 适用量研究[J]. 土壤通报,2005,36(6):903-907.
- [4] BLON Z M, LAMPE J E M. The effect of chloride and sulfate salt on the nitrate content in lettuce plant[J]. K Plant Nutr,1983,6:611-628.
- [5] 王利群,董英,黄达明,等. 蔬菜硝酸盐的累积及其生理机制研究进展[J]. 江苏农业科学,2002(6):78-81.
- [6] 张桥,李淑仪,梁兆朋,等. 广东叶菜测土施肥技术指标体系氮素指标初步研究[J]. 广东农业科学,2009(4):24-27.
- [7] 章明清,李娟,孔庆波,等. 福建主要蔬菜氮磷钾营养特性及其施肥指标体系研究I. 需肥动态模型及其特征参数分析[J]. 福建农业学报,2011,26(2):284-290.
- [8] 李娟,章明清,姚宝全,等. 福建主要蔬菜氮磷钾营养特性及其施肥指标体系研究II. 主要蔬菜氮磷钾施肥效应及其土壤养分丰缺指标[J]. 福建农业学报,2011,26(3):332-439.
- [9] 孔庆波,姚宝全,章明清,等. 福建主要蔬菜氮磷钾营养特性及其施肥指标体系研究III. 氮磷钾最佳用量和比例[J]. 福建农业学报,2011,26(4):620-626.
- [10] 陈新平,张福锁. 通过 3414 试验监测测土配方施肥技术指标体系[J]. 中国农技推广,2006,22(4):36-39.
- [11] 朱恩,朱建华. 上海耕地地力与环境质量[M]. 上海:上海科学技术出版社,2011:38-41.
- [12] 鲍士旦,江荣凤,杨光超,等. 土壤农化[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000:25-111.
- [13] 郝金松,左健传,刘盛扬,等. 土壤技术供氮量试验研究[C] // 江苏省土壤学会. 江苏土壤肥料科学与农业环境会议论文集. 南京:河海大学出版社,2004.
- [14] 严瑾,严杰,朱梅芳,等. 小白菜运筹技术[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2012,30(4):39-42.