

施氮水平对大白菜氮素利用及土壤硝态氮含量的影响

蔡万涛¹, 淮贺举²

(1. 北京市农林科学院, 北京 100097; 2. 北京农业信息技术研究中心, 北京 100097)

摘要:以“北京新三号”大白菜为试材,研究了不同施氮水平对大白菜氮素利用及土壤硝态氮残留的影响,以为氮肥合理利用提供科学依据。结果表明:施氮量与产量之间符合二次曲线关系;施氮水平 150 kg/hm²为秋季大白菜最佳施氮量,当施氮水平低于该值时,土壤硝态氮残留保持在较低水平,表观损失量也很低;当施氮水平超过该值时,土壤中硝态氮的残留量和损失量均会显著增加;种植区域平均施氮量为 300 kg/hm²时,通过改善施肥方法与灌溉方式,大幅度减少氮肥用量,仍可获得较高产量。

关键词:大白菜;施肥水平;氮吸收利用;产量;硝态氮

中图分类号:S 634.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)23-0181-04

在大白菜种植生产中,过量施用氮肥的现象普遍存在^[1]。过量施用氮肥导致作物收获后土壤中累积大量的硝态氮^[2-3],土壤中累积的硝态氮随大水漫灌和强降雨下渗,对浅层地下水构成潜在威胁^[2,4-6]。现通过研究不同施氮水平对大白菜的氮素利用率及对土壤残留的影响,为探索露地菜田合理施用氮肥提供科学依据,以期在满足蔬菜生产需要的同时,降低浅层地下水污染潜力。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

该试验在北京市通州区现代农业示范基地(39°57'28" N, 116°40'43" E, 海拔 18.8 m)进行,通州区属于大陆性季风气候区,多年平均降雨量为 546.5 mm,降雨集中在 4~9 月,占年均降雨量的 89%,7 月下旬到 8 月上旬为降雨高峰,7、8 月降雨量占全年降雨量的

60.6%。试验地土壤以壤土和砂壤土为主,理化性状及养分状况见表 1。

表 1 试验地土壤基本性状

土层深度 /cm	全氮 /g·kg ⁻¹	碱解氮 /%	速效钾 /mg·kg ⁻¹	速效磷 /mg·kg ⁻¹	有机质 /%	土壤容重 /g·cm ⁻³	pH
0~30	0.91	36.84	115.34	63	1.713	1.37	7.8
30~60	0.65	30.58	90.00	40	0.940	1.31	7.7

1.2 试验材料

供试材料为“北京新三号”大白菜。

1.3 试验方法

2010 年 8 月 7 日播种,8 月 11 日灌水,灌水量 40 mm,8 月 19 日间苗,8 月 29 日定苗,9 月 10 日和 10 月 8 日追肥,并随后灌水,灌水量为 50 mm,11 月 22 日收获,全生育期共 107 d。试验共设 6 个氮素处理水平(kg/hm²): N₀ (0)、N₇₅ (75)、N₁₅₀ (150)、N₂₂₅ (225)、N₃₀₀ (300)、N₃₇₅ (375)、N₄₅₀ (450)。分别于 9 月 10 日和 10 月 8 日各施入 1/2,氮肥种类为尿素(N 46%)。磷肥和钾肥的施肥量按照当地施肥平均水平施用。小区面积 40 m² (5 m×8 m),3 次重复,随机区组排列。

第一作者简介:蔡万涛(1980-),男,辽宁大连人,博士,助理研究员,现主要从事科研管理工作。E-mail:wtcai1980@126.com.

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项资助项目(201103001)。

收稿日期:2012-08-20

Abstract: In order to investigate a reasonable application amount and effect of BGA soil conditioner on three-year-old wine grapes in the eastern foot of Helan Mountain, the effect of different application amount of BGA on the growth, yield and quality of wine grape were studied, for evaluating the effect of BGA. The results showed that appropriate BGA soil conditioner application could effectively promote the growth of the wine grape plants, and significantly increase chlorophyll content, hundred fresh/dry leaf weight and improve yield and quality; through the economic benefits analysis, 344.86 kg/667m² could get the best economic benefits. The optimal usage of BGA on three-year-old wine grapes was 200~400 kg/667m² in the local region.

Key words: eastern foot of Helan mountain; wine grape; BGA; fertilizer application rates

1.4 项目测定

在大白菜播种前及主要生育期(一般在追肥灌水后3~5 d),采用土钻取土法采集不同深度土壤样品,分别在0~30、30~60、60~90、90~120、120~150、150~180 cm 6个土壤层次上取样,取样点定于垄台2株植株间,将土样混匀于密封袋中,放入保鲜箱内,带回实验室。一部分用烘干法测定土壤含水量,一部分经浸提、振荡、过滤后保存于4℃冰箱。样品采用三道通流动分析仪对 $\text{NO}_3\text{-N}$ 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 进行测定^[7]。收获时,每小区采集5 m²测产,白菜产量以鲜重表示。取植株样品烘干至恒重,测定植株生物量和植株全氮含量^[8]。

1.5 数据分析

该试验没有考虑降水输入的氮素,作物生长期土壤矿化氮根据不施氮处理作物吸氮量与试验前后土壤矿质氮累积量(N_{\min})的净变化估计,不考虑氮肥激发效应,假定施氮处理土壤氮矿化量与不施氮处理相同。有关氮肥利用率和氮平衡的计算方法^[9-10]如下:氮肥利用率(NUR)=(施氮处理吸氮量-不施氮处理吸氮量)/施氮量×100%;氮肥生理利用率(NPE)=(施氮处理产量-不施氮处理产量)/吸氮量;氮肥农学利用率(NAE)=(施氮处理产量-不施氮处理产量)/施氮量;生育期土壤氮素净矿化量=不施氮处理作物吸氮量+不施氮处理土壤残留 N_{\min} -不施氮处理土壤起始 N_{\min} ;生育期土壤氮素表观损失=生育期施氮量+土壤起始 N_{\min} +土壤氮素净矿化量-作物携出量-收获后土壤残留 N_{\min} 。

土壤剖面中各土层矿质氮或硝态氮($\text{NO}_3\text{-N}$)累积

量(N_{\min} , kg N/hm²)按下式计算: $N_{\min}=d \times p_b \times C$ 。

式中: d 为土层厚度(30 cm); p_b 为土壤容重; C 为壤中硝态氮含量(mg/kg)。剖面矿质氮或硝态氮累积量为各个层次的矿质氮或硝态氮累积量之和和试验数据采用SPASS、Excel软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 大白菜生育期内土壤硝态氮的累积分布变化

在大白菜主要生育期,氮肥处理水平 N_0 、 N_{75} 、 N_{150} 、 N_{225} ,土层0~30与30~90 cm土壤硝态氮含量均低于 N_{300} 、 N_{375} 、 N_{450} 氮肥处理条件下的累积量。7月26日大白菜播种前0~180 cm不同层次硝态氮含量值均较低,由于土壤风化等因素,呈现浅层累积量高于深层。8月15日为大白菜幼苗期,土壤硝态氮含量峰值出现在60~90 cm土层,峰值与施氮水平显著相关, $N_{450} > N_{375} > N_{300} > N_{225} > N_{150} > N_{75} > N_0$,同时由于0~60 cm土壤中硝态氮被水淋洗至该层。9月10日定苗期与10月11日包心期完成2次追肥,同时完成灌溉,此时,由于浅层土壤大量氮肥、灌溉、降雨等因素,0~180 cm不同层次硝态氮含量值均显著增加,且施氮量越大硝态氮含量越高。11月11日收获后高施氮处理的土壤中依然保持该趋势,存有较高的硝态氮含量。

综上所述,土壤硝态氮的累积分布受施肥水平、灌溉和降雨等影响显著。为了提高作物对氮素的利用效率,减少对环境的污染压力,降低氮素的投入、避免在灌水和降雨前施肥是行之有效的途径。

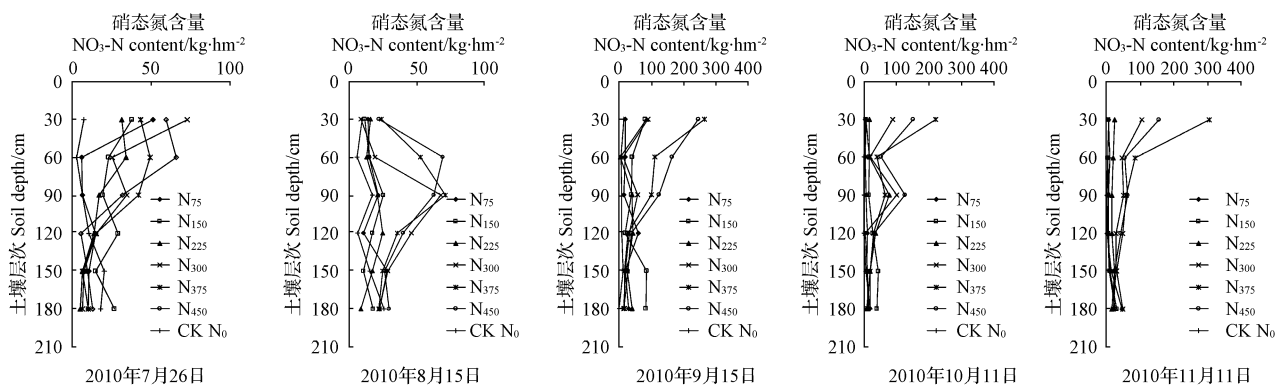


图1 施氮处理对大白菜不同时期土壤硝态累积分布的影响

Fig. 1 The effect of N applied on the soil Nitrate-N (0~180 cm) accumulation and distribution

2.2 不同施肥水平条件下大白菜种植体系的氮素平衡

土壤-作物体系氮素平衡是评价氮肥合理施用与否的关键,也是氮肥优化管理技术的重要手段。因此该试验通过对大白菜整个生育期氮素输入与输出项的比较,表观评估了土壤-作物体系下的氮素平衡。

由表2可知,对于氮素平衡而言,在氮素的总输入项中,施氮量和播前硝态氮累积量占重要地位,总的输入量随氮肥施入量的增加而增加。在氮素输出项中,以

土壤残留为主,它也是氮盈余的主要部分。比较不同处理的播前 N_{\min} 和作物携出2项,发现除不施氮处理以外其它处理的播前 N_{\min} (65~186 kg/hm²)均大于作物携出(80~150 kg/hm²),这表明播种前土壤中累积的硝态氮就可以满足这茬大白菜的吸收利用,而施肥量只是增加了氮素的表现残留和损失量,对作物的产量起不到关键的作用。比较不同施氮量处理的播前和收获后氮素残留,发现施肥量在225 kg/hm²以下时收获后残留量减

少,而高于 225 kg/hm² 的处理残留量均急剧上升,从 117 kg/hm² 直接增加到 278 kg/hm²。为了减少氮素的表观残留和损失量,考虑到作物的产量以及土壤自身氮素供应能力,施氮量应该控制在 150~225 kg/hm² 之间。

表 2 大白菜整个生育期氮素平衡

Table 2 N balance during the growth season of cabbage kg/hm²

项目 Items	处理 Treatments	N ₀	N ₇₅	N ₁₅₀	N ₂₂₅	N ₃₀₀	N ₃₇₅	N ₄₅₀
A)氮输入 Nitrogen input								
施氮量	Nitrogen fertilizer rate	0	75	150	225	300	375	450
播前 N _{min}	N _{min} before sowing	65	99	151	157	162	166	186
矿化	Net mineralizatio	73	73	73	73	73	73	73
总输入	Total input	139	247	374	454	535	614	709
B)氮输出 Nitrogen output								
作物携出	Crop uptake	80	81	110	113	130	141	150
土壤残留	N _{min} , residual N _{min}	59	73	94	117	278	340	360
表观损失	Apparent losse	0	93	170	225	127	134	199
氮盈余	Nitrogen surplu	59	148	264	342	405	474	559

2.3 不同施氮水平对大白菜产量与氮素利用效率的影响

由表 3 可知,当施氮量为 75 kg/hm² 时,产量从不施肥的 123 t/hm² 增加到 126 t/hm²,差异不显著,当施氮量继续增加时,产量大幅增加,当施氮量达到 300 kg/hm² 时,产量达到最高为 167 t/hm²,增产幅度达 35.17%,但当施氮量继续增加时,产量没有继续增加,反而有了小幅下降,但差异不显著。说明在一定的施氮量范围内,产量随施氮量的增加而增加,超过了这个范围,产量增幅减缓,甚至会出现降低现象。

表 3 不同施氮水平下大白菜的产量和氮素利用效率

Table 3 N efficiency and the yield of cabbage under different N application rates

处理 Treatments	产量 / t · hm ⁻²	吸氮量 / kg · hm ⁻²	氮肥利用率 NUR / %	氮肥农学利用率 NAE / kg · kg ⁻¹	氮肥生理利用率 NPE / kg · kg ⁻¹
0	123a	79.8a	—	—	—
75	126a	81.3a	2.1	0.2	0.2
150	156b	110.1b	20.2	13.7	17.4
225	157bc	112.6b	14.6	9.3	17.3
300	167c	130.1c	16.8	9.1	19.6
375	163bc	140.5d	16.2	8.1	20.3
450	160bc	149.7d	15.5	3.6	10.0

注:同一列内同一品种不同字母表示差异达 5% 显著水平(n=3)。

Note: Different letters within a column in each cultivar mean significant at 5% level (n=3).

通过方差分析可以看出,除了施氮量为 75 kg/hm² 外,其它的施氮处理与不施氮处理相比,差异均达到显著水平,但是这些处理之间的产量差异并不显著。施氮量与大白菜产量之间符合二次曲线关系: $y = -2162.7x^2 + 24161x + 96986$ ($R^2 = 0.9047$), 其中: y 表示大白菜的产量; x 表示不同氮肥施用量。大白菜的吸氮量同样随施氮量增加而增加,并且这种趋势更加显著,从不施肥处理的 79.8 kg/hm² 增加到 149.7 kg/hm²,说明

施氮水平越高,大白菜对氮肥的吸收越多,植株含氮率越高。

随着施氮量的增加,氮素利用效率和农学利用率在施氮量为 75 kg/hm² 时较低,为 2.1% 和 0.2 kg/kg,在施氮量为 150 kg/hm² 时最高,分别为 20.2% 和 13.7 kg/hm²,当施氮量继续增加时,出现逐渐降低趋势,生理利用率在施氮量为 375 kg/hm² 时最高,为 20.3 kg/hm²,呈现出两头低中间高的趋势。这说明在施氮量为 150 kg/hm² 时,大白菜对氮肥的利用程度最高,氮肥的增产效果最好,在低施肥水平和高施肥水平下转化为干物质的效率不高。

综合考虑大白菜的产量、氮肥的利用效率及土壤中硝态氮的残留,认为施氮水平为 150 kg/hm² 时为最佳用量,它既可以满足生产中对产量的要求又可以减少化肥的投入量,防止过量施氮对环境造成威胁。

3 结论

大白菜属于浅根类蔬菜,产量高、需肥量大,在该试验中,施肥对大白菜的增产效果明显,在一定的施氮量范围内,产量随着施氮量的增加而增加,产量与施氮水平呈现一种二次曲线的关系,这与孙小凤^[11]、王朝辉等^[12]、董曾施等^[13]、钱海燕等^[14] 研究提出的氮肥产量效应趋势一致。

施氮水平 150 kg/hm² 为当季大白菜最佳施氮量,当施氮水平低于该值时,土壤硝态氮残留保持在较低水平,表观损失量很低^[10,15-16];当施氮水平超过该值时,土壤中硝态氮的残留量和损失量均显著增加。土壤剖面中残留的大量硝态氮随灌水或降雨淋洗至土壤深层^[17],且随施氮量的增加而增加^[18-19]。

对种植区域内 62 个种植农户大白菜施氮量进行调查,其平均施氮量为 300 kg/hm²。对比试验结果,说明在当地大白菜生产过程中,施肥存在较大的减量空间;在施肥方法上,应避免集中施肥与大水漫灌,采取少肥频施、小水勤浇的方法,能有效减少硝态氮向土壤深层的淋洗量。采取以上措施,不仅可以获得较高产量,实现经济效益最大化,同时能够收获更大的生态效益。

参考文献

- [1] 卢攸又次. 作物生理讲座[M]. 上海: 上海科技出版社, 1996.
- [2] Guillard K. Nitrogen utilization of selected cropping systems in the U S northeast: soil profile nitrate distribution and accumulation [J]. Agron J, 1995, 57: 199-207.
- [3] Roth G W, Fox R H. Tissue test for Predicting nitrogen fertilizer requirement of winter wheat [J]. Agronomy Journal, 1985, 51: 502-507.
- [4] 张维理, 田哲序, 张宁, 等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝酸盐污染的调查 [J]. 植物营养与肥料学报, 1995, 1(2): 80-87.
- [5] Power J E. Nitrate contamination of ground-water in north America [J]. Agriculture Ecosystem and Environment, 1989, 26: 165-187.
- [6] Strebe L. Nitrate pollution of ground water in west Europe [J].

Agriculture Ecosystem and Environment, 1959, 26: 189-214.

[7] Parmasivam S, Alva A K. Fate of nitrate and bromide in an unsaturated zone of a sandy soil under citrus production [J]. Journal of Environmental Quality, 2002, 31: 671-681.

[8] 鲍士旦. 土壤和农业化学分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.

[9] 巨晓棠, 刘学军, 张福锁. 冬小麦与夏玉米轮作体系中氮效应及氮素平衡研究[J]. 中国农业科学, 2002, 35(11): 1361-368.

[10] 刘学军, 赵紫娟, 巨晓棠, 等. 氮肥对冬小麦产量、氮肥利用率及氮平衡的影响[J]. 生态学报, 2002, 33(7): 1122-1128.

[11] 孙小凤. 不同供氮水平对油白菜产量和品质的影响[J]. 土壤肥料, 2005(4): 11-13.

[12] 王朝辉, 李生秀, 田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 22-28.

[13] 董曾施, 胡丽芳, 杨建华, 等. 氮肥水平对小白菜品质的影响[J]. 上海

农业科技, 1998(2): 42-43.

[14] 钱海燕, 王兴祥, 黄国勤, 等. 施肥对连作蔬菜地蔬菜产量和土壤氮素含量的影响[J]. 土壤肥料科学, 2008, 24(7): 270-274.

[15] 刘学军, 巨晓棠, 张福锁. 减量施氮对冬小麦-夏玉米种植体系中氮利用与平衡的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 458-462.

[16] 张翔, 朱洪勋, 孙春河. 应用(15)N 对中低产区冬小麦施氮推荐体系的研究[J]. 土壤通报, 1994, 30(5): 224-226.

[17] 吴金水, 郭胜利, 党廷辉. 半干旱区农田土壤无机氮积累与迁移机理[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2041-2049.

[18] Malhi S S, Brandt S A, Ulrich D, et al. Accumulation in the soil profile under various alternative cropping systems [J]. Plant Nutr, 2002, 25: 2499-2520.

[19] 张树兰, 同延安, 梁东丽, 等. 氮肥用量及施用时间对土体中硝态氮移动的影响[J]. 土壤学报, 2004, 41(2): 270-277.

Effects of N Application Rate on Cabbage Nitrogen Utilization and Content of Nitrate-Nitrogen in Soil

CAI Wan-tao¹, HUAI He-ju²

(1. Beijing Agricultural and Forestry Science Research Institute, Beijing 100097; 2. Beijing Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097)

Abstract: Taking 'Beijing New No. 3' Chinese cabbage as material, the effect of different nitrogen levels on cabbage nitrogen utilization and residual soil nitrate were studied in this paper. The results showed that there existed the quadratic relationship between nitrogen application rate and yield; the optimal nitrogen rate for the season cabbage was the nitrogen levels of 150 kg/hm²; when nitrogen levels below this value, the soil nitrate residued maintained at a low level, the apparent loss was low; when nitrogen levels exceed the value, the residual nitrate in the soil and the loss in volume would increase significantly; the average nitrogen application rate of growing region was 300 kg/hm², by improving fertilization and irrigation methods, reducing the nitrogen application rate, it still could obtain a higher yield.

Key words: cabbage; N application rate; N uptake and utilization; yield; NO₃-N

金针菇新法栽培效益高

目前各地普遍采用的金针菇常规栽培法, 虽然 1 a 可收 3 茬菇, 但培养料生物转化率最高只达 100%, 每次生育期长达 95 d, 1 a 只能循环 3 个栽培周期, 且第 3 茬菇的菇柄短而粗, 易开伞盖, 商品质量差。根据金针菇生长特点配制一次性培养料的栽培新技术, 不但生物转化率达 193%, 栽培周期缩短 40 d, 而且金针菇株数增多、菇柄增高, 提高经济效益 80% 左右。其技术要点如下:

1. 自制培料。取棉籽壳 84%、麦麸 14%、石膏 1%、磷酸二氢钾 0.2%、硫酸镁 0.25%、多菌灵 0.55%, 混合均匀后按照 1:1.3 的料水比加水拌匀, 即成培养料。

2. 填料消毒。将培养料装入广口布袋中, 填料时一定要做到松紧适度才能有效避免后期瓶、袋周身出菇的现象。装填好后, 将瓶、袋口封紧, 放入常温锅中消毒, 在 100℃ 的高温下蒸煮 8~10 h。

3. 适温栽培。待彻底冷却后, 在接种室或接种箱内的酒精灯火焰下, 用接种铲把菌种块从菌种瓶中挖出移入栽培瓶、袋内, 然后放入培养室进行菌丝培养。培养室温度必须控制在 22~26℃, 严禁低温下拉长培养期, 以避免菌丝没发满就出菇, 影响产量和质量。

4. 精心管理。菌丝长满后应及时搬入菇场, 打开瓶、袋进行搔菌, 刺激出菇。当菌蕾形成后就要搞好再生管理, 以促使菇蕾密度增大, 然后套袋或盖报纸, 让瓶、袋内形成高浓度二氧化碳小气候, 以利于金针菇的生长。

菇长至 4~5 cm 高时, 要特别注意水分管理, 栽培场地湿度应保持在 80%~90%, 温度保持在 8~14℃, 并用草帘或黑塑料布在培养场地罩光, 光线强度以正常视力能模糊看清 5 号汉字为宜。菇长至 15~20 cm 高时即可采收。

(信息来源: 农民日报)