

花椰菜残留物氮矿化及其对下茬蔬菜 产量及氮吸收的影响

张宏彦, 陈 清, 汤丽铃, 李晓林, 张福锁

(中国农业大学 资环学院植物营养系, 农业部植物营养学重点实验室, 教育部植物-土壤相互作用重点实验室, 北京 100094)

摘要:在3种不同施氮历史的露地菜田中,进行了花椰菜残留物翻压试验,对残留物中氮矿化及其对土壤无机氮含量、下茬蔬菜产量及氮营养状况等的影响进行了研究。研究表明,试验期间,3种不同施氮历史的处理中,残留物中氮矿化率分别达161.2%,78.8%和73.8%。残留物的施用不同程度地增加了土壤N_{min}含量,但其对下茬莧菜产量、氮吸收的影响因氮处理的不同而有很大差异。在土壤氮水平高的N_t处理中,施用残留物对莧菜产量及氮素吸收量没有明显影响;而在土壤氮水平较低的N_t及N_r'处理中,残留物的施用显著提高了莧菜产量及氮素吸收量。

关键词:花椰菜残留物;氮矿化;土壤无机氮;莧菜产量;氮素利用

中图分类号:S635.306 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2003)03-0102-04

N Mineralization of Cauliflower Residues and It's Effects on Yield and Nitrogen Uptake of Vegetables

ZHANG Hong-yan, CHEN Qing, TANG Li-ling, LI Xiao-lin, ZHANG Fu-suo

(Department of Plant Nutrition, China Agricultural University,

Key Laboratory of Plant Nutrition, MOA, Key Laboratory of Plant-soil

Interactions, MOE, Beijing 100094, China)

Abstract: N mineralization of cauliflower residues and it's effects on soil mineral N content, N nutrition and yield of vegetable (*Amaranthus* spp.) was studied in field. Three nitrogen treatments were included, such on N_t, N_r and N_r'. The N mineralization of cauliflower residues were 161.2%, 78.8% and 73.8% respectively for the three nitrogen treatments. The application of cauliflower residues increased soil N_{min} concentration. However, it's effects on yield and nitrogen uptake by amaranth vary among different nitrogen treatments. In N_t treatment with high N level, the application of residues has no significant effects on amaranth yield and nitrogen uptake, but in N_r and N_r' treatment with low N level, the application of residues significantly increased the yield and nitrogen uptake by amaranth.

Key words: Cauliflower residues; Mineralization; Soil N_{min}; Amaranth; N utilization

蔬菜残留物中氮含量一般占蔬菜地上部吸氮总量的17%~84%^[1,2]。由于蔬菜收获时残留物中含有大量水分,同时具有较窄的C/N比,因此经翻压后其中所含有机氮较易经矿化作用而释放。根据有关研究,大部分蔬菜的残留物在翻压入土壤后的28

~84 d内便会分解并释放出其中的氮素^[3~6]。蔬菜残留物中氮素的矿化会增加土壤无机氮含量,尽管其有利于改善下茬蔬菜氮供应状况,并可节约氮肥资源;但若从环境保护的角度考虑,也会增加休闲季或下茬蔬菜生产过程中土壤氮淋洗^[7]。正因为

收稿日期:2003-02-16

基金项目:北京市自然科学基金项目(6991004);德国教育科技部(BMBF)中德合作项目(1998-2001);国家“十五”攻关项目(2002BA516A02)资助

作者简介:张宏彦(1972-),男,陕西合阳人,讲师,博士,主要从事蔬菜、果树营养与施肥方面的研究工作。

如此,国际上很多蔬菜氮肥推荐系统都对将蔬菜残留物中氮矿化加以考虑。但我国实际生产中对蔬菜残留物的利用现状却并不乐观。在很多蔬菜产区,因担心病虫害等的发生,蔬菜残留物往往被移出菜田、焚烧或丢弃,造成养分资源的浪费;即使有时进行翻压处理,其中的氮却并未计入下茬蔬菜的氮肥施用中。与此同时,国内有关蔬菜残留物中氮素资源合理利用方面的研究、尤其在田间条件下的研究并不多见。我们选择了残留物量大、栽培面积大的花椰菜,在露地条件下开展了其残留物中氮矿化及对下茬蔬菜氮利用方面的研究,以期服务于我国蔬菜生产实践。

1 材料和方法

试验于2001年6~8月在北京市海淀区东北旺乡中德合作项目基地进行。土壤为冲积性潮土。上茬为花椰菜(6月6日收获),三个不同施氮历史的处理分别用Nt, Nr, Nr'表示,其中Nt表示试验前该处理连续6季(1999年菠菜、苋菜,2000年花椰菜、苋菜、菠菜,2001年花椰菜)采用农民习惯的施氮方式(6季合计施氮量为1500 kg/hm²);Nr表示试验前该处理连续6季采用养分平衡的施氮方法(根据氮素专家系统原理,6季合计施用氮肥450 kg/hm²),Nr'同Nr,为前6季蔬菜氮肥用量乘以80%。上述3处理前6季有机肥及磷钾肥用量均相同。试验前上述3处理各土层无机氮含量见表1,耕层土壤其他养分性状为:全氮2.3 g/kg, Olsen-P (P₂O₅) 185 mg/kg, 速效钾(K₂O) 215 mg/kg, pH 6.7, 有机质21.3 g/kg。各处理残留物量(06-07)及其含氮量测定结果见表1。

在上述3处理中,分别选取3.4 m×12.0 m的3个小区(重复)进行试验。每一小区选1/2面积,将其中残留物移出试验地,另1/2地上部残留物进行粉碎、翻压处理。于翻压后20 d(06-26),分层测定0~90 cm土壤Nmin含量并种植苋菜,条播,行距0.24 m,播量2.75 kg/hm²。播后Nt处理施N肥100 kg/hm²(沿袭农民习惯施氮处理,根据调查结果设计),氮肥为尿素,其他二处理未施氮肥。生育期据土壤墒情,利用微喷灌系统进行灌溉,共灌水86.5 mm,同期降雨量156.3 mm。于适采期(07-20)及初花期(08-08),每小区选有代表性的2个1.00 m×0.72 m样段(3行)测产,并取样测定植株全氮。同时对0~90 cm土壤Nmin含量及蔬菜硝

酸盐含量(07-20)进行测定。土壤无机氮(Nmin)测定方法为0.01 mol/L CaCl₂浸提,连续流动分析仪测定。植株全氮测定方法为包含硝态氮的开氏法。残留物中氮矿化量根据以下氮平衡方程计算:

残留物区土壤、残留物氮总矿化量 = 收获后残留物处理区土壤Nmin含量 + 地上部吸氮量 - 残留物翻压前土壤Nmin含量 (1)

土壤有机氮素矿化量 = 空白区收获后土壤Nmin含量 + 地上部吸氮量 - 试验开始时土壤Nmin含量 (2)

残留物中氮矿化量 = (1) - (2) (3)

残留物中氮素回收率 = (3) / (残留物中氮素含量 × 残留物生物量) × 100

(以上计算所考虑的土壤深度为0~90 cm)

试验数据用SAS统计软件进行了统计分析

表1 不同氮处理下花椰菜残留物量、残留物含氮量及翻压前土壤Nmin含量

项目		处 理		
		Nt	Nr	Nr'
残留物*	残留物量(kg/hm ²)	31 307.0	27 876.0	26 422.0
	干物质含量(%)	11.8	11.8	11.8
	含氮量*(kg/hm ²)	85.9	64.1	57.7
土壤	0~30cm	291.5	52.8	71.1
	30~60 cm	217.0	37.3	32.1
	60~90 cm	101.2	53.3	56.1
	0~90 cm	609.7	143.4	159.4

注:* 未包括根系部分的残留物,6月6日翻压;** 2001年6月3日测定

2 结果与分析

2.1 不同氮肥力土壤上翻压花椰菜残留物对土壤Nmin含量的影响

由图1可知,无论在高氮肥力土壤上,还是在低氮肥力土壤上,残留物的施用均可明显增加土壤无机氮含量。自残留物翻压(06-06)至苋菜播种(06-22),受土壤有机氮及残留物中氮矿化的影响,除Nr'处理对照的0~90 cm土壤Nmin含量有所降低外,其他各处理Nmin均有不同程度增加。且所有三个处理中施用残留物的较对照土壤Nmin含量亦有明显增加。其中Nt处理下,蔬菜残留物矿化释放的氮可相当于播前施入纯N 150 kg/hm²以上,而Nr和Nr'处理残留物矿化提供的氮则相当于播前施入纯氮50 kg以上。自苋菜播种至收获,受蔬菜吸收及灌水、土壤固定等因素综合影响,各处理Nmin含量大致表现下降趋势,但在同一氮处理下,

施用残留物的处理土壤 Nmin 含量始终高于对照。物氮肥。
因此从生产角度考虑,蔬菜残留物可作为较好的生

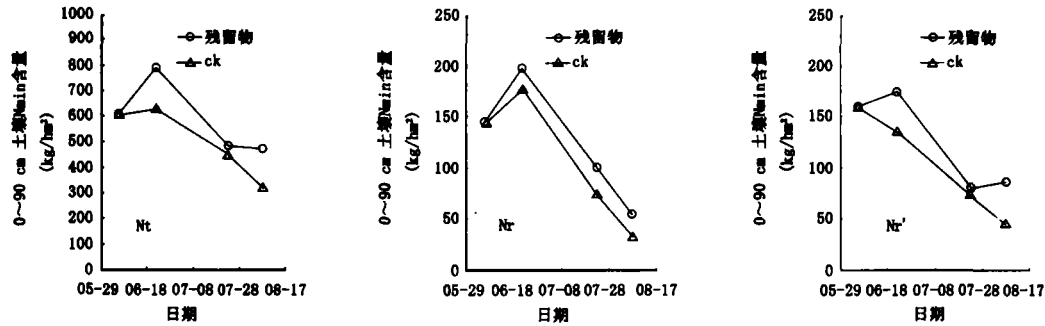


图1 施用花椰菜残留物对土壤 Nmin 含量的影响

2.2 不同施氮历史土壤施用花椰菜残留物对下茬苋菜产量的影响

由表2可知,无论是在苋菜适采期(07-20),还是在初花期(08-09),施用残留物对苋菜产量和氮素吸收的影响均因土壤施氮历史(或氮肥力)而异: Nt 处理中,施用花椰菜残留物对各时期苋菜产量、生物量及氮素吸收量均无明显影响,这是由于该处理土壤本身无机氮水平较高,已完全能够满足苋菜生长对氮素的需求,因此,添加残留物虽然可明显增加土壤无机氮含量,却对苋菜生长无多大促进作用。这一结果从侧面解释了在实际蔬菜生产当中农民不愿应用蔬菜残留物作为养分资源的主要原因。但是

在 Nr 和 Nr' 处理中,因一直采用土壤无机氮平衡方法进行施肥处理,土壤本身无机氮水平较低,施用花椰菜残留物均使各时期苋菜产量、生物量及氮素吸收量较对照均有显著增加,其中在 Nr 处理中两者间氮素吸收量达显著水平。尤其是在 7 月 20 日,施用残留物条件下,不同氮处理间产量水平差异不明显,而吸氮量间却存在显著差异,表现为 $Nt > Nr, Nr'$ (若比较高氮条件下不施用残留物的处理与低氮条件下施用残留物的处理,也可发现类似规律),这是由于低氮条件下施用花椰菜残留物使苋菜的氮利用效率较高氮条件下提高所致。

表2 不同土壤氮水平下加入花椰菜残留物对苋菜产量和吸氮量的影响

采样 时期	N 处理	残留物 处 理	产量(t/hm ²)					氮素吸收量(kg/hm ²)				
			鲜重 (地上部)	干 重				叶片	茎秆	地上	根系	全株
				叶片	茎秆	地上	根系					
07-20	Nt	残留物	23.1a	1.16b	0.43a	1.59a	-	53.1a	13.3a	66.4a	-	-
		对照	21.8a	1.25a	0.42a	1.67a	-	58.5a	11.8a	70.3a	-	-
	Nr	残留物	20.2a	1.09ab	0.43a	1.52ab	-	44.6b	8.3b	52.9b	-	-
		对照	15.3b	0.96ab	0.30b	1.27b	-	36.8b	6.0c	45.8c	-	-
	Nr'	残留物	19.9a	1.12b	0.41a	1.53ab	-	40.3b	8.3b	50.7bc	-	-
		对照	16.4b	0.95ab	0.32b	1.26b	-	35.6b	5.5c	41.1c	-	-
08-10	Nt	残留物	-	2.88a	3.10a	5.99a	0.78a	129.6a	69.4a	199.0a	13.5a	212.5a
		对照	-	2.87a	2.90a	5.78a	0.72a	124.4a	65.4a	189.8a	11.9ab	201.7a
	Nr	残留物	-	2.51bc	2.83a	5.34b	0.74a	99.8b	43.2b	143.0b	9.0ab	152.0b
		对照	-	2.33b	2.43b	4.76c	0.70a	81.2c	30.9b	112.0c	7.6b	119.7c
	Nr'	残留物	-	2.18c	2.80ab	4.98bc	0.76a	70.5c	34.9b	104.0c	9.0ab	112.9c
		对照	-	2.16c	2.44b	4.60c	0.82a	75.9c	31.2b	107.1c	9.1ab	116.2c

注:同一列中不同字母表示各处理间差异达显著性水平(0.01≤P<0.05)

若进一步对 7 月 20 日不同处理(Nt, Nr 和 Nr')苋菜产量(鲜重)进行比较可知,在未施用残留物时,Nt 处理(鲜重,21.8 t/hm²)显著高于其他两个处理(Nr: 15.3 t/hm², Nr' 16.4 t/hm²);而在施用残留物时,则 3 个处理间苋菜产量差异不明显,即低土壤氮肥力条件下,可通过施用残留物达到与高

氮肥力土壤相同的产量水平。

2.3 不同氮处理土壤花椰菜残留物中氮矿化量

据表3结果可知,不同氮处理土壤中,花椰菜残留物翻压后,其中氮矿化量及回收率均有很大差异。其中在 Nt 处理中上述二指标均明显高于其他两个处理 Nr 和 Nr'。如 Nt 处理中,残留物中的氮表现

矿化量为 157.5 kg/hm^2 , 回收率计算值甚至超过 100% (161%), 其原因是在高氮水平土壤下, 施用残留物导致“激发效应”从而造成土壤有机氮矿化的增加; 而在 Nr 及 Nr' 处理中, 残留物中氮矿化量分别

仅为 55.0 和 44.0 kg/hm^2 , 占残留物中全氮比例 (回收率) 则分别为 78.8% 和 73.8%, 二者比例较接近。

表 3 不同土壤氮水平下花椰菜残留物试验残留物中氮素矿化计算 (2001-06-06~2001-08-07)

项 目	处理	氮水平		
		Nt	Nr	Nr'
残留物中氮素含量 (kg/hm^2)		97.7	69.8	59.6
翻压前 0~90 cm 土壤 (kg/hm^2)	对照 ck	609.7 ± 194.0	143.4 ± 18.2	159.4 ± 49.9
	残留物	609.7 ± 194.0	143.4 ± 18.2	159.4 ± 49.9
试验后 0~90 cm 土壤 (kg/hm^2)	对照 ck	321.7 ± 72.3	32.6 ± 6.2	45.8 ± 7.5
	残留物	468.4 ± 177.9	55.3 ± 14.8	85.8 ± 29.5
苋菜吸氮量 (kg/hm^2)	对照 ck	201.7 ± 23.8	119.7 ± 6.5	116.2 ± 9.2
	残留物	212.5 ± 10.5	152.0 ± 17.3	112.9 ± 26.5
残留物中氮素表观矿化量 (kg/hm^2)		157.5 ± 201.4	55.0 ± 14.8	44.0 ± 33.3
残留物中氮素表观回收率 (%)		161.2	78.8	73.8

3 结论与讨论

蔬菜残留物中氮矿化受到很多因素影响, 其中最主要的是残留物 C/N 比, 土壤温度及湿度^[3]。本试验在同一灌水条件下进行, 均处同一试验地, 且属于同一作物, 因此上述三个指标差异不会很大。尽管如此, 不同施氮历史处理中, 残留物中氮矿化率存在较大差异, 这有可能与连续多季不同的施氮措施造成的土壤中有关氮转化的微生物的数量、土壤总氮含量等的差异有关。但无论是在连续多季进行习惯施氮处理还是在连续多季进行平衡施氮处理的土壤上, 在北京地区夏季露地条件下, 经过 60 d 的时间, 所加花椰菜残留物中氮素均有 73.8% 以上经矿化作用而释放, 明显增加了土壤无机氮含量。这与 Scharpf 等^[6]人的研究结果相似。因此从生产实际分析, 施用残留物应是可行的。

尽管在本试验所有处理中, 施用花椰菜残留物均明显提高了土壤无机氮水平, 但其所产生的作用却不相同。在进行平衡施氮处理的土壤上, 在改善下茬苋菜氮营养状况及提高苋菜产量方面起到了重要作用。这说明在无公害蔬菜生产中, 完全可以利用环境风险较低的有机氮源 (蔬菜残留物) 达到优质、高产的目的。在习惯施氮处理的土壤上, 残留物的施用 in 增加土壤无机氮水平的同时却并未对苋菜产量产生促进作用, 反而在一定程度增加了土壤氮素损失的危险。无论从环境方面考虑还是从经济利

益考虑, 都是不合理的, 其应用仍值得进一步探讨。

参考文献:

- [1] Schrage R. Methoden zur Bestimmung des Stickstoffdüngerbedarfs von Gemüsekulturen mit geringem analytischen Aufwand[D]. Hannover: Diss Univ, 1990.
- [2] Fink M, Feller C, Scharpf H C, et al. Nitrogen, phosphate, potassium and magnesium contents of field vegetables-Recent data for fertilizer recommendations and nutrient balances[J]. J Plant Nutri Soil Sci, 1999, 162: 71-73.
- [3] Neve S D, Hofman G. Modelling N mineralization of vegetable crop residues during laboratory incubations[J]. Soil Biol Biochem, 1996, 28: 1451-1457.
- [4] Scharpf H C, Schrage R. Größenordnung und Einflussfaktoren der Freisetzung von Stickstoff aus Ernterückständen im Gemüsebau [J]. VDLUFA-Schriftenreihe, 1988, 28: 81-95.
- [5] Rahn C R, Vaidyanathan V L, Paterson C D. Nitrogen residues from brassica crops[J]. Aspects of Applied Biology, 1992, 30: 263-270.
- [6] Neve D, Pannier S J, Hofman G. Fractionation of vegetable crop residues in relation to *in situ* N mineralization [J]. European Journal of Agronomy, 1994, 3: 267-272.
- [7] Neve S D, Hofman G. N mineralization and nitrate leaching from vegetable crop residues under field conditions: a model evaluation [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1998, 30(14): 2067-2075.