

# 氮锌复合作用对混播系统白三叶生长与固氮及氮转移的影响

华 璐<sup>1,2</sup>, 何忠俊<sup>2,3</sup>, 韦东普<sup>2</sup>, 陈世宝<sup>2</sup>, 白玲玉<sup>2</sup>

(1. 首都师范大学地理系, 北京 100037; 2. 中国农业科学院原子能利用研究所, 北京 100094; 3. 西北农林科技大学资环学院土肥所, 陕西 杨凌 712100;)

**摘要:** 选用南方草地土壤——山地黄棕壤进行盆栽试验, 研究了氮锌复合作用对混播系统白三叶生长、根瘤发育、固氮及固氮产物转移的影响。结果表明, 氮锌复合作用对白三叶生长、根瘤发育、固氮及氮转移在白三叶不同生长阶段、不同氮锌施用范围表现出不同的效应。生长前期氮锌复合作用对白三叶茎叶及根系产量的协同效应表现在氮 0~30mg/kg、锌 0~6mg/kg 的范围内, 而生长后期协同范围扩大到氮 0~90mg/kg 与锌 0~20mg/kg 的不同组合处理中; 在高于上述氮锌施用范围, 氮锌之间表现为拮抗效应。与不施氮相比较, 施氮显著降低了白三叶根瘤数量及生长前期固氮百分数, 但适量施氮(30mg/kg)显著增加了白三叶根瘤重量及生长后期固氮百分数。在所有施氮水平中, 施锌 6mg/kg 显著增加了根瘤数量、根瘤重量及固氮百分数。与茎叶及根系生长氮锌协同范围相比较, 氮锌对根瘤发育与固氮作用的协同范围较小。固氮产物转移与白三叶根瘤衰败有密切相关。试验为我国南方牧场科学施肥提供理论依据。

**关键词:** 氮; 锌; 复合作用; 产量; 根瘤; 固氮; 固氮产物转移

## Influences of the compound effects between nitrogen and zinc on growth, N-fixation and transfer of fixed nitrogen of white clover in mixed culture

HUA Luo<sup>1,2</sup>, HE Zhong-Jun<sup>2</sup>, WEI Dong-Pu<sup>2</sup>, CHEN Shi-Bao<sup>2</sup>, BAI Ling-Yu<sup>2</sup> (1. Department of Geography, Capital Normal University, Beijing 100037, China; 2. Institute for Application of Atomic Energy, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100094, China; 3. Soil and Fertilizer Institute of Resource and Environmental College, Northwestern Agro-forestry Sci-Tech University Yangling, Shaanxi, 712100, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 264~270.

**Abstract:** The area of pasture in the southern China is about 60 million hectare, which is an important husbandry base in China. The experimental soil is collected from Bailihuang demonstration pasture in Yichang county, Hubei Province of China, typical subtropical middle mountain pasture of the southern China. The soil type is yellow brown earth and deficient in nitrogen, phosphorus and zinc, therefore the application of nitrogen, phosphorus and zinc is an important measurement in increasing output and quality

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(39870127); 中国科学院高能物理研究所核分析技术开放实验室基金资助项目(00B005)

**收稿日期:** 2001-10-29; **修订日期:** 2002-03-19

**作者简介:** 华 璐(1948~), 女, 北京人, 博士, 研究员。主要从事土壤污染元素与营养元素复合作用及调控机制研究。

**Foundation item:** The project is supported by National Natural Sciences Foundation(No. 39870127) and Key Lab of Nuclear Analytical Techniques of Institute of High Energy Physics of Chinese Academy of Science Foundation(00B005)

**Received date:** 2001-10-29; **Accepted date:** 2002-03-19

**Biography:** HUA Luo, Ph. D, professor. Research focus on interaction of combined polluted and nutrient elements in the soil and control mechanism.

of herbage. The large amount of phosphorus application results in the fixation of zinc. There are more researches on the relationship between P and Zn, but in fact short of the studies of the relationship between N and Zn. The influences of the compound effects between nitrogen and zinc on growth, nodules, N-fixation and transfer of fixed nitrogen by white clover to ryegrass in mixed culture are studied in this paper. This study will provide guidance for fertilization of the pasture in the southern China.

The tests contained two factors and four levers, adopted  $4 \times 4$  complete design by pot experiments. The levels of nitrogen ( $^{15}\text{N}-(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ) were 0, 30, 90, 150mg/kg ( $^{15}\text{N}$  abundance was 5.00%). The levels zinc ( $\text{ZnSO}_4$ ) were 0, 6, 20, 40 mg/kg. In the whole growth period, two harvests were made. The first harvest was in thriving growth stage and the second harvest was in the beginning of the winter. The experiment contained two series of ryegrass in mono-culture and ryegrass-white clover in mixture. There were 20 plants in each pot and the ratio of ryegrass to clover was 4 to 1. The mono-culture of ryegrass was used as a control for calculation of nitrogen fixation and transfer of fixed nitrogen by white clover to ryegrass in mixture.

The main results showed as follows: The influences of the compound effects between nitrogen and zinc on growth, nodule development, N-fixation and N-transfer of white clover had different effects on various growth stages of white clover and various ranges of applied nitrogen and zinc. The synergism between nitrogen and zinc on the growth of shoot and root was in the range of different combination applied 0~30 mg/kg N and 0~6 mg/kg Zn in the first growth stage, and enlarged to the range of different combination of applied 0~90 mg/kg N and 0~20mg/kg Zn in the late growth stage. For higher quantities of applied nitrogen and zinc than above range, there were antagonism effects between nitrogen and zinc on the growth of white clover. In comparison with no applied nitrogen, the application of nitrogen significantly decreased the percentage of nitrogen fixation in the early growth stage and the number of nodules in both growth stages, but suitable amount of applied nitrogen (30mg/kg) significantly increased the percentage of nitrogen fixation in the late growth stage and the fresh weight of nodules per plant in both growth stages. In all treatments with applied nitrogen, zinc applied 6mg/kg significantly increased the number of nodules as well as the percentage of nitrogen fixation. In comparison with the synergism range between nitrogen and zinc on shoot and root growth, the range of synergism effects between nitrogen and zinc on nodule development narrowed down. There was close relationship between the transfer of fixed nitrogen by white clover to ryegrass and the declination of nodules.

**Key words:** nitrogen; zinc; compound effect; output; nodules; nitrogen fixation; transfer of fixed nitrogen  
文章编号:1000-0933(2003)02-0264-07 中图分类号:Q142,Q945.1 文献标识码:A

施肥是管理人工草地的重要措施,施用氮肥有利于禾本科牧草的生长,提高其产量及品质<sup>[1,2]</sup>。适量施氮也有利于豆科牧草生长,对初建草场或放牧强度较高的牧场,施用少量氮肥一方面可以缓解根瘤菌与寄主植物争肥的矛盾,另一方面可使植株生长健壮、根系发达、光合作用加强、为根瘤菌侵染后的增殖创造较好地条件,多结早期瘤,早固氮,与植物形成良好地互济关系<sup>[3,4]</sup>。但环境中较高浓度的化合态氮对共生固氮有明显的抑制作用。锌是作物必需的微量元素,农作物缺锌已成为限制产量及品质重要因子,锌肥施用较为普遍。但目前对牧草锌素营养研究较少,锌不但是牧草生长必需的,而且锌对豆科作物或豆科牧草固氮有显著影响<sup>[5~7]</sup>。

我国南方草地面积为 0.6 亿  $\text{hm}^2$ ,但多属于酸性、微酸性土壤,使有效磷水平降低,增施氮、磷肥是当地提高牧草产量和质量的重要措施之一<sup>[8]</sup>。但是,磷肥对锌有明显的固定作用,使土壤中有效锌的水平显著降低,甚至降低牧草产量、质量及锌含量。国内外对磷锌关系已有深入系统的研究,而氮锌关系的研究报道较少,且结论不尽相同<sup>[9]</sup>。尚未发现土壤-牧草系统氮锌关系深入系统的研究报道。本文谨研究南方草地土



壤上氮锌复合作用对白三叶生长、固氮、根瘤及氮转移的影响。

### 1 材料与方法

盆栽试验于 2000 年在中国农科院原子能利用研究所网室进行。供试土壤取自湖北省宜昌县百里荒示范牧场,为亚热带中高山山地黄棕壤,基本性状为:pH5.48,有机质 0.95%,速效氮 128.1mg/kg,速效磷(Olsen-P)1.79mg/kg,速效钾 85.5mg/kg,速效锌(HCl-Zn)2.47mg/kg。取去除表面草皮 0~10cm 之土壤,风干备用。该牧场为多年生黑麦草(*Lolium perenne* L.)和白三叶(*Trifolium repens* L.)混播草地。

盆栽试验采用 2 因素 4 水平完全设计,共 16 个处理,重复 3 次。<sup>15</sup>N 为上海化工研究院提供的(<sup>15</sup>NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,丰度为 5.00%。<sup>15</sup>N 用量分别为 0、30、90、150mg/kg。Zn 用量为 0、6、20、40 mg/kg(分析纯 ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O)。每盆装土 5.0kg,以 60mg/kg P、75mg/kg K 作底肥,于播种前拌入土中。白三叶品种为 *Trifolium repens* L.,4 月 28 日播种,5 月 6 日出苗,8 月 20 日开花。黑麦草品种为 *Barmultra*,7 月 7 日播种,7 月 13 日出苗(白三叶和黑麦草品种均由中国农业科学院畜牧所提供)。分黑麦草单播和黑麦草-白三叶混播两组,以黑麦草单播处理作为研究白三叶固氮及白三叶固氮产物向混播黑麦草转移的参照处理。每盆留苗 20 株,黑麦草与白三叶混播比例为 4:1。在整个生育期以去离子水正常浇灌,分两次(旺盛生长期:9 月 20 日,收获期:11 月 13 日)收获。

样品经烘干、磨碎、用凯氏法定氮,用超精度质谱仪(型号:MAT-251)测定 N<sup>15</sup>丰度,用 N<sup>15</sup>同位素稀释法计算白三叶固氮量和固氮产物转移(黑麦草吸收的白三叶固定的氮)百分率。

### 2 结果与讨论

#### 2.1 氮锌复合作用对白三叶干重的影响

表 1 表明,单施氮或单施锌处理两次收获茎叶产量有相同的影响规律,均以锌 20mg/kg 处理,氮 30mg/kg 处理最高。从氮锌水平平均值可以看出,施氮 0~90mg/kg 处理茎叶产量显著高于施氮 150mg/kg 的处理,以施氮 30mg/kg 的处理产量最高。施锌 6~20mg/kg 的处理茎叶产量显著高于施锌 0mg/kg 和 40mg/kg 的处理。与 N<sub>0</sub>Zn<sub>0</sub> 处理相比,第 1 次收获在施氮 0~30mg/kg 与施锌 0~20mg/kg 的不同组合中,第 2 次收获在施氮 0~90mg/kg 与施锌 0~20mg/kg 的不同组合范围内,氮锌配施对茎叶产量表现为协同效应。在两次收获中,分别高于上述施氮水平时,施锌 6mg/kg 对茎叶产量表现为协同效应。

表 1 N 和 Zn 不同水平对白三叶茎叶产量的影响(g/盆)

Table 1 Effect of various levels of N and Zn on dry weight of stem and leaf of white clover

收获时期 Growth stage	N 水平 N levels(mg/kg)	Zn 水平 Zn levels(mg/kg)				N 平均值(mg/kg) N level average
		0	6	20	40	
9 月 20 日 Sept. 20, 2000	0	4.07	6.27	6.88	3.73	5.24
	30	6.92	6.13	6.23	5.15	6.13
	90	3.37	6.05	5.67	5.53	5.17
	150	3.69	4.67	4.34	3.23	3.98
	Zn 平均值 Zn level average	4.49	5.76	5.79	4.42	
11 月 13 日 Nov. 13, 2000	0	7.62	11.61	12.31	8.72	10.07
	30	10.79	9.56	12.21	8.36	10.28
	90	9.92	12.02	8.12	7.93	9.54
	150	7.46	7.42	7.32	6.53	7.16
	Zn 平均值 Zn level average	8.97	10.14	10.04	7.90	

Duncan's 新复极差测验 N 和 Zn 水平平均值及 N×Zn 交互作用差异显著性(P=0.05),9 月 20 日收获结果为 N 水平(0.83),Zn 水平(0.83),N×Zn(1.83) 11 月 13 日收获结果为 N 水平(1.12),Zn 水平(1.12),N×Zn(2.47)。S. S. R. (P=0.05) For differences among means of N and Zn levels and N×Zn interactions were N(0.83),Zn(0.83),N×Zn(1.83) at harvest on Sept. 20 and N(1.12),Zn(1.12),N×Zn(2.47) at harvest on Nov. 13

表 2 表明,单施氮处理时,第 1 次收获以施氮 30mg/kg 处理中根重最高。第 2 次收获以氮 90mg/kg 处理根重最高。当施氮达 150mg/kg 时,根重显著下降。单施锌处理两次收获均以 20mg/kg 处理根重最高。从氮锌水平平均值可以看出,根重在第 1 次收获时,施氮 30mg/kg 的处理显著高于其它施氮处理;第 2 次收获时,在施氮 0~90mg/kg 范围内,施氮对根重影响不大;当施氮 150mg/kg 时,根重显著下降。两次收获锌

水平平均值以施锌 6~20mg/kg 的处理根重显著高于施锌 0 和 40mg/kg 的处理。在施氮 0~30mg/kg 与施锌 0~20mg/kg 的不同组合中,氮锌配施对根重表现为协同效应,即氮锌配施显著增加了白三叶根重。在施氮 90mg/kg 与施锌 6mg/kg 时,氮锌配施对根重呈现协同效应。当施氮为 150mg/kg 时,施锌对根重无显著影响。

表 2 N 和 Zn 不同水平对白三叶根重的影响(g/盆)

Table 2 Effect of various levels of N and Zn on dry weight of root of white clover

收获时期 Date	N 水平平均值 N levels(mg/kg)	Zn 水平 Zn levels (mg/kg)				N 平均值(mg/kg) N level average
		0	6	20	40	
9 月 20 日 Sept. 20, 2000	0	1.035	1.291	1.570	1.103	1.252
	30	1.550	1.684	1.959	1.344	1.634
	90	0.736	1.165	1.744	1.319	1.240
	150	0.889	1.117	1.078	1.104	1.045
	Zn 平均值 Zn level average	1.050	1.311	1.587	1.218	
11 月 13 日 Nov. 13 2001	0	1.753	2.922	3.292	2.607	2.643
	30	2.676	2.574	2.732	2.151	2.527
	90	2.706	3.220	2.389	2.065	2.593
	150	2.079	1.936	1.991	2.177	2.046
	Zn 平均值 Zn level average	2.306	2.662	2.613	2.251	

Duncan's 新复极差测验 N 和 Zn 水平平均值及 N×Zn 交互作用差异显著性( $P=0.05$ ),9 月 20 日收获结果为 N 水平(0.234),Zn 水平(0.234),N×Zn(0.537) 11 月 13 日收获结果为 N 水平(0.374),Zn 水平(0.374),N×Zn(0.826)。S. S. R. ( $P=0.05$ )For differences among means of N and Zn levels and N×Zn interactions were N(0.234),Zn(0.234),N×Zn(0.537)at harvest on Sept. 20 and N(0.374),Zn(0.374),N×Zn(2.47) at harvest on Nov. 13

## 2.2 氮锌复合作用对白三叶根瘤数量和重量的影响

表 3 表明,第 1 次收获,单施氮处理根瘤数量随施氮量增加而显著降低;第 2 次收获,在施氮 0~90mg/kg 范围内,施氮对根瘤数量影响不显著,当施氮 150mg/kg 时,根瘤数量显著降低。说明施氮显著降低了根瘤菌对白三叶根系的侵染,随生长进行和环境中的氮浓度减低,氮对根瘤菌侵染的抑制程度降低。第 1 次收获以单施锌 6mg/kg,第 2 次收获以单施锌 20mg/kg 的处理根瘤数量最高,随施锌量增加,根瘤数量显著下降。从氮锌水平平均值可以看出,施氮显著降低了根瘤数量。第 1 次收获以施锌 6mg/kg 根瘤数量最高。施锌 40mg/kg 显著降低了根瘤数量。两次收获在施氮 0~30mg/kg 与施锌 0~6mg/kg 的范围内,氮锌配施对根瘤数量表现为协同效应。当施氮高于 30mg/kg,施锌高于 6mg/kg 的大部分样本中,氮锌配施对根瘤数量表现为拮抗效应。值得注意的是相同处理第 2 次收获根瘤数量显著低于第 1 次收获,说明从旺盛生长期到第 2 次收获期,由于气温、光照的急剧下降造成根瘤衰败现象。

表 3 N 和 Zn 不同水平对白三叶单株根瘤数量的影响

Table 3 Effect of various levels of N and Zn on number of nodules per plant of white clover

收获时期 Stage of growth	N 水平 N level (mg/kg)	Zn 水平 Zn levels (mg/kg)				N 平均值(mg/kg) N level mean
		0	6	20	40	
9 月 20 日 Sept. 20 2000	0	143.60	240.80	178.89	122.00	171.61
	30	90.46	151.92	100.60	69.73	103.39
	90	101.51	97.47	73.87	44.16	79.19
	150	27.10	70.31	40.58	19.47	39.40
	Zn 平均值 Zn level average	90.70	139.83	98.70	63.71	
11 月 13 日 Novem. 13 2000	0	90.58	99.87	106.79	84.67	95.32
	30	67.14	77.44	69.69	43.83	64.51
	90	86.31	71.93	52.67	48.47	64.95
	150	29.91	18.97	16.13	13.48	19.66
	Zn 平均值 Zn level average	68.28	66.92	61.33	47.53	

Duncan's 新复极差测验 N 和 Zn 水平平均值及 N×Zn 交互作用差异显著性( $P=0.05$ ),9 月 20 日收获结果为 N 水平(13.23),Zn 水平(13.23),N×Zn(29.17) 11 月 13 日收获结果为 N 水平(3.74),Zn 水平(3.74),N×Zn(8.26)。S. S. R. ( $P=0.05$ )For differences among means of N and Zn levels and N×Zn interactions were N(13.23),Zn(13.23),N×Zn(29.27)at harvest on Sept. 20 and N(3.74),Zn(3.74),N×Zn(8.26) at harvest on Nov. 13.



表4表明,两次收获中均以单施氮 30mg/kg 处理单株根瘤鲜重显著高于其它施氮处理,第1次收获以单施锌 6mg/kg,第2次收获以单施锌 20mg/kg 的处理根瘤鲜重最高。第1次收获氮锌水平平均值以氮 0mg/kg、锌 6mg/kg 处理,第2次收获以氮 0~30mg/kg,锌 6~20mg/kg 的处理根瘤重量显著高于其它氮锌水平。第1次收获时,在施氮 30mg/kg,施锌 6mg/kg 时锌对氮存在协同效应,当施氮大于 30mg/kg 与施锌大于 6mg/kg 的不同组合时,氮锌之间存在拮抗效应。第2次收获在施氮 0~30mg/kg 与施锌 0~20mg/kg 的不同组合范围内存在协同效应,当施氮大于 30mg/kg 与施锌大于 20mg/kg 的不同组合中,氮锌之间存在拮抗效应。比较单个根瘤重量可知,第1次收获单施锌各处理单个根瘤重量  $N_0Zn_0$ 、 $N_0Zn_6$ 、 $N_0Zn_{20}$ 、 $N_0Zn_{40}$  分别为 1.183、1.562、1.440、1.170mg,而  $N_{30}Zn_0$ 、 $N_{30}Zn_6$ 、 $N_{30}Zn_{20}$ 、 $N_{30}Zn_{40}$  分别为 1.928、2.182、1.340、1.117mg,  $N_{30}Zn_0$ 、 $N_{30}Zn_6$  处理根瘤重量高于  $N_0Zn_0$ 、 $N_0Zn_6$  处理,但  $N_{30}Zn_{20}$ 、 $N_{30}Zn_{40}$  处理低于  $N_0Zn_{20}$ 、 $N_0Zn_{40}$  处理,说明适量氮锌配施有利于增大根瘤体积,无氮处理根瘤较小,大多属于无效根瘤,根瘤活性较低。在施锌 20~40mg/kg 范围内施氮加重了对根瘤生长的不良效应,随生长进行这种效应减弱。高量施氮或施锌既降低根瘤数量也降低根瘤体积。

表4 N和Zn不同水平对白三叶单株根瘤鲜重的影响

Table 4 Effect of various levels of N and Zn on fresh weight of nodules per plant of white clover

收获时期 Growth stage	N水平 N level (mg/kg)	Zn水平 Zn levels (mg/kg)				N平均值(mg/kg) N level mean
		0	6	20	40	
9月20日 Sept. 20, 2000	0	0.1699	0.3757	0.2576	0.1427	0.2356
	30	0.1744	0.3315	0.1348	0.0779	0.1795
	90	0.1035	0.1294	0.0717	0.0407	0.0862
	150	0.0155	0.0468	0.0216	0.0110	0.0238
	Zn平均值 N level mean	0.1157	0.2202	0.1211	0.0679	
11月13日 Nov. 13, 2000	0	0.1132	0.1741	0.1927	0.1383	0.1542
	30	0.1434	0.1717	0.1563	0.0875	0.1424
	90	0.1076	0.1144	0.0812	0.0634	0.0913
	150	0.0340	0.0135	0.0091	0.0082	0.0163
	Zn平均值 Zn level mean	0.0944	0.1216	0.1104	0.0743	

Duncan's 新复极差测验 N 和 Zn 水平平均值及 N×Zn 交互作用差异显著性 ( $P=0.05$ ), 9月20日收获结果为 N 水平(0.027), Zn 水平(0.027), N×Zn(0.060) 11月13日收获结果为 N 水平(0.0128), Zn 水平(0.0128), N×Zn(0.0281), S. S. R. ( $P=0.05$ ) For differences among means of N and Zn levels and N×Zn interactions were N(0.027), Zn(0.027), N×Zn(0.060) at harvest on Sept. 20 and N(0.0128), Zn(0.0128), N×Zn(0.0281) at harvest on Nov. 13

### 2.3 氮锌复合作用对白三叶固氮作用的影响

不同水平氮锌单施与配合施用对白三叶固氮百分数(表5)有显著的影响。第1次收获以氮 0mg/kg 和单施锌 6mg/kg 处理的固氮百分数及其平均值最高;第2次收获以氮 30mg/kg、锌 6mg/kg 的处理固氮百分数最高,说明施氮降低了前期白三叶固氮百分数,适量施氮有利于生长后期白三叶固氮百分数的提高。高量的氮锌显著降低了白三叶固氮百分数,但是氮对固氮百分数的影响效应大于锌。与  $N_0Zn_0$  相比,第2次收获氮 0~30mg/kg 和锌 0~20mg/kg 的组合处理固氮百分数均有显著增加。

### 2.4 氮锌复合作用对白三叶氮转移的影响

混播草地豆科牧草固定的氮素除了供其本身生长发育外,还可将固氮产物转移给与之混播的禾本科牧草,以缓解禾本科牧草对混播系统肥料氮和土壤氮需求<sup>[10,11]</sup>,这种现象称为氮转移,以黑麦草 Ndfa% 表示。第1次收获样品未测出氮转移。这是因为前期气温较高,影响了当年种植白三叶的生长。另外,第1年种植白三叶根瘤菌浸染、繁殖到具有固氮活力需要一定时间,同时根系及地上部分生长也需要相当数量的氮素。在取自相同地点土壤上氮锌配合施用研究结果表明,第一年种植牧草第一次刈割时只有个别处理有极少量氮转移,随后3次刈割混播黑麦草中均有 0.32%~12.25% 氮素来自白三叶固氮产物的转移<sup>[12]</sup>,可能刈割有促进白三叶固氮产物释放的作用。

表6表明,第二次收获所有处理都有白三叶固定氮的转移,以  $N_0Zn_6$  处理氮转移量最高,其数量基本上与根瘤衰败数量成正比(相关系数  $R=0.5939$ ,  $r_{0.05,15}=0.482$ ),达到显著水平。施氮水平较高处理也测

出了少量固氮产物转移,说明固氮产物比土壤氮更易被黑麦草吸收。从单施氮锌及氮锌水平平均值可以看出,施氮显著降低了氮转移的数量,低量锌促进了固定氮的转移。从第一次收获未测出氮转移,第二次收获混播黑麦草所有处理都有来自白三叶固定氮的转移,说明氮转移与固氮百分数无明显关系,而与根瘤、根及茎叶腐败有关。

表 5 N 和 Zn 不同水平对白三叶固氮(Ndfa%)的影响

Table 5 Effect of various levels of N and Zn on N-fixation (Ndfa%) of white clover

收获时期 Growth stage	N 水平 N levels (mg/kg)	Zn 水平 Zn level (mg/kg)				N 平均值(mg/kg) N level mean
		0	6	20	40	
9 月 20 日 Sept. 20, 2000	0	28.41	48.34	40.80	25.68	35.97
	30	16.79	30.71	18.34	13.31	19.81
	90	7.43	11.58	9.28	4.54	8.21
	150	2.66	4.28	3.34	0.88	2.78
	Zn 平均值 Zn level mean	13.87	23.70	17.97	11.05	
11 月 13 日 Nov. 13, 2000	0	35.77	53.88	48.55	41.55	45.01
	30	52.91	56.20	54.17	38.60	50.42
	90	20.35	26.30	23.53	18.74	22.24
	150	3.57	3.68	2.48	0.78	2.63
	Zn 平均值 Zn level mean	28.09	34.89	32.18	24.91	

Duncan's 新复极差测验 N 和 Zn 水平平均值及 N×Zn 交互作用差异显著性(P=0.05),9 月 20 日收获结果为 N 水平(2.19),Zn 水平(2.19),N×Zn(4.70);11 月 13 日收获结果为 N 水平(1.45),Zn 水平(1.45),N×Zn(3.18)。S. S. R. (P=0.05) for differences among means of N and Zn levels and N×Zn interactions were N(2.19),Zn(2.19),N×Zn(4.70) at harvest on Sept. 20 and N(1.45),Zn(1.45),N×Zn(3.18) at harvest on Nov. 13

表 6 不同水平 N 和 Zn 对白三叶固氮产物转移的影响(黑麦草 Ndfa%)

Table 6 Effect of various levels of N and Zn on transfer of nitrogen fixed by white clover to ryegrass (Ryegrass Ndfa%)

收获时期 Growth stage	N 水平 N level (mg/kg)	Zn 水平 Zn level (mg/kg)				N 平均值(mg/kg) N level mean
		0	6	20	40	
11 月 10 日 Nov. 13 2000	0	8.94	14.69	10.81	8.75	10.81
	30	8.65	11.37	11.32	2.71	8.50
	90	2.81	3.66	3.08	2.59	3.03
	150	0.77	2.19	0.57	0.42	0.99
	Zn 平均值 Zn level mean	5.29	7.96	6.45	3.63	

Duncan's 新复极差测验 N 和 Zn 水平平均值及 N×Zn 交互作用差异显著性(P=0.05),11 月 13 日收获结果为 N 水平(1.00),Zn 水平(0.97),N×Zn(2.14)。S. S. R. (P=0.05) For differences among means of N and Zn levels and N×Zn interactions were N(1.00),Zn(1.00),N×Zn(2.14) at harvest on Nov. 13

### 3 结论

(1)在白三叶不同生长阶段及不同氮锌施用量范围氮锌复合作用对白三叶生长及根系发育有不同的效应:生长前期在氮 0~30mg/kg, 锌 0~6mg/kg 范围内的不同组合中氮锌表现为协同效应,生长后期氮锌之间协同范围扩大为氮 0~90mg/kg 与锌 0~20mg/kg 的不同组合中。在高于上述氮锌施用水平下,氮锌之间表现为拮抗效应。

(2)施氮显著降低了根瘤数量,但适量施氮(30 mg/kg)显著增加了根瘤重量,增加了有效根瘤数和根瘤的固氮能力。适量施锌(0~6mg/kg)显著增加了根瘤数量及根瘤重量。在氮 0~30 mg/kg 与锌 0~6 mg/kg 的不同组合中,氮锌配施显著增加了根瘤数量及重量。在高于上述的氮锌施用水平下,氮锌之间表现出拮抗效应。

(3)施氮显著降低了白三叶生长前期固氮百分数,但适量施氮(30mg/kg)对白三叶生长后期固氮百分数有显著提高,生长前期以 N<sub>0</sub>Zn<sub>6</sub> 处理固氮百分数较高,生长后期固氮百分数以氮 30mg/kg 与锌 0~20mg/kg 各组合处理较高。在所有施氮水平下,施锌 6mg/kg 固氮百分数最高。

(4)固氮产物转移与白三叶固氮百分数无明显关系,而与根瘤衰败密切相关。

### References

- [1] Fan J W, Gao Y G. The role of nitrogen fixation of legume herbage in mixture pasture. *Grassland of China*, 1994,



- 16(6):64~69.
- [ 2 ] Zhu S X, Shi Y H, Yang Z Z. N resource of grasses and N<sub>2</sub>-fixation of alfalfa in monoculture, *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 1992, 6(2):99~140.
- [ 3 ] Liu Y X, Zhang F S, Mao D R. The role of symbiotic nitrogen fixation in sustainable agriculture. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 1999, 1(4), 28~33.
- [ 4 ] Yao Y Y, Chen Mg, Ma C L. Effect of combine N applied at low level on the nitrogen fixation by grasses and the nitrogen fertility in soil. In: Wen X F, Yao Y Y, eds. *Research progress of isotope trace technique in agriculture*. Science and Technology Press of Chinese agriculture, Beijing, 1990. 165~172.
- [ 5 ] Yie S T. A study of the relationship of Zinc concentration to nitrogen fixation in soybean. *J. Sci. Engin.* (Taiwan), 1969, 6(Oct. ), 1~8
- [ 6 ] Shukla V C and Yadav. O. P Effect of phosphorus and zinc on nodulation and nitrogen fixation in chickpea. *Plant and Soil*, 1982, 65:229~248.
- [ 7 ] Burity T C Ta, Faris M and coulman B E. Estimation of nitrogen fixation and transfer from alfalfa to associated grass in mixed swards under field condition. *Plant and soil*, 1989, 114, 249~255
- [ 8 ] Huang W H. *Development and research of middle-alpine pasture in subtropic area*. Science and Technology Press of Chinese agriculture, Beijing, 1992. 1~48.
- [ 9 ] He Z J, Hua L, et al. Research progress of interaction between nitrogen and zinc in plant-soil system. *Soil and Environmental Sciences*, 2001, 12(2):133~137.
- [ 10 ] Hua L, Wei D P, et al. Effect of application of nitrogen, zinc and selenium on fixation of nitrogen and transfer of nitrogen fixed in white clover. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(4):588~592.
- [ 11 ] Backiyavathy M R, Ramanathan, G. Nitrogen fixation and nodulation of *casuarina* in relation to iron and zinc, *Madras Agricultural Journal*, 1997, 84(4):222~223.
- [ 12 ] Munoz A E and Weaver R W. Competition Between Subterranean Clover and Ryegrass for Uptake of <sup>15</sup>N-labeled Fertilizer. *Plant and Soil*, 1999, 211:173~178.

#### 参考文献

- [ 1 ] 樊江文, 高永革. 混播草地中豆科牧草的固氮作用. *中国草地*, 1994, 16(6):64~69.
- [ 2 ] 朱树秀, 石玉期, 杨志忠. 单播和混播系统中禾本科牧草氮来源和苜蓿固氮的研究. *核农学报*, 1992, 6(2):99~140.
- [ 3 ] 刘永秀, 张福锁, 毛达如. 根际微生态系统中豆科植物-根瘤菌共生固氮及其在可持续农业发展中的作用. *中国农业科技导报*, 1999, 1(4):28~33.
- [ 4 ] 姚允寅, 陈明, 马昌磷. 低水平化合态氮肥对牧草固氮及土壤氮素肥力的影响. 见:温贤芳, 姚允寅主编. *同位素示踪技术农业应用研究进展*. 北京:中国农业科技出版社, 1990. 165~172.
- [ 8 ] 黄文惠. 亚热带中高山地区草地开发研究. 北京:中国农业科技出版社, 1992. 1~48.
- [ 9 ] 何忠俊, 华路, 白玲玉, 等. 土壤-植物系统中氮锌交互作用研究进展. *土壤与环境*, 2001, 12(2), 133~137.
- [ 10 ] 华路, 韦东普, 白玲玉, 等. 氮锌硒肥配合施用对白三叶的固氮作用与氮转移的影响. *生态学报*, 2001, 21(4), 588~592.