

旱地玉米免耕系统土壤养分研究 土壤有机质、酶及氮变化

籍增顺 张树梅 薛宗让 阎玄梅 樊兰瑛 张志琴

(山西省农业科学院农业资源综合考察研究所, 太原 030006)

洛希图 武金芳 张象俊

(山西省汾阳县区划办公室, 汾阳)

摘要 1994~1995 年对旱地玉米不同耕作系统土壤有机质、氮和酶进行了研究。结果表明, 在 6 年的试验地上, 免耕覆盖比常规耕作 0~5cm 土壤有机质平均高 0.55 个百分点, 土壤 pH 值低 0.19, 硝态氮玉米田低 30.35%, 休闲田高 30.37%, 铵态氮玉米田 0~20cm 土层低 58.3%, 休闲田低 5.57%, 水解氮玉米田 0~20cm, 低 4.97%, 休闲田差别不大。20~50cm 硝态氮、铵态氮和水解氮免耕覆盖与常规耕作之间差异不大。秋耕覆盖和秋耕秸秆还田是调控土壤供氮强度的两条主要措施。

关键词 免耕 覆盖 土壤养分 酶

旱地玉米免耕覆盖技术明显的保水和增产效果, 引起了人们的极大关注。长期以来, 国内外学者对免耕系统的土壤水分进行了大量研究, 但对土壤养分的变化却很少有人问津。Frye^[1]综合了世界各地的免耕研究, 认为许多问题应归咎于低的土壤肥力, 目前急需开展免耕系统的氮循环研究。Lal(1976), Campbell(1976), Blovins(1977), Eckert(1985)指出, 免耕土壤比耕翻土壤有更多的有机碳和氮, 特别是 0~5cm 和 0~10cm 更是如此。Blovins(1997)和 Doran(1980)观测到免耕比耕翻土壤 pH 值低, 阳离子代换提高; 有机碳和氮及 pH 值的差异导致了免耕系统矿化速率的变化。山西农科院从 1990 年起, 对旱地玉米免耕整秸秆半覆盖技术进行了较全面的系统研究, 但对土壤养分的了解却很少。本研究就是在此基础上, 对免耕覆盖系统的养分变化进行了较系统的研究。

1 材料和方法

在连续免耕 4 年的试验地上, 研究以免耕技术为主体的 4 种耕作体系土壤脲酶、磷酸酶、有机质、氮全量及速效量的季节变化和层次变化。

试验地设在汾阳县石塔村, 小区面积 $5\text{m} \times 5.3\text{m}$, 于 1990 年设置免耕覆盖、秋耕覆盖、秋耕碎秸秆还田和常规耕作 4 个处理, 随机区组排列, 3 次重复。本研究在其中 1 次重复的各小区留出 1/2 面积休闲, 与种植部分作比较。1994~1995 年在播种期(4 月 16 日)、抽雄期(6 月 23 日)、灌浆期(7 月 25 日)和成熟期(9 月 16 日)4 个生育时期分别在 3 次重复小区取样, 混合均匀后, 带回实验室阴干, 化验前全氮、全磷、有机质和水解氮土样过 60 目筛, 硝态氮和铵态氮土样过 20 目筛。玉米播前施碳酸氢铵 $750\text{kg}/\text{hm}^2$, 过磷酸钙 $600\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

土壤养分: 分 0~5cm, 5~10cm, 10~20cm, 20~50cm 4 层测定全氮、水解氮、硝态氮、铵态氮和有机质。全氮用硫酸消化法; 水解氮用扩散吸收法; 铵态氮用直接蒸馏法; 硝态氮用靛蓝法; 有机质用重铬酸钾法。土壤酶活性: 采 0~10cm 土样, 立即阴干, 实验室测定, 脲酶用扩散法, 磷酸酶用 Hoffmann 法。土壤 pH 值取 0~10cm 土层, 水/土= 2/1, 用 pH 值计测定。

2 结果与分析

2.1 有机质与 pH 值

秸秆覆盖后, 0~10cm 土壤有机质含量明显增加。玉米种植区, 1992 年免耕覆盖比常规耕作 0~5cm 土层有机质含量高 0.58 个百分点, 1994 年高 0.38 个百分点, 1995 年高 0.7 个百分点; 5~10cm 土层分别高 0.03, 0.15 和 0.19 个百分点; 10~20cm 土层差异不大。免耕覆盖对土壤有机质的影响主要在 0~5cm, 年度之间变化不同, 这主要与取样及分析等系统误差有关。秸秆还田可明显提高 0~20cm 土层有机质。休闲区变化趋势与种植区基本一致。免耕覆盖对土壤 pH 值有一定的影响。测定结果表明, 免耕覆盖 6 年的地比常规耕作 0~5cm 土层 pH 值低 0.19。有机质和 pH 值的变化, 对免耕系统土壤微生物及酶等都有较大的影响。

2.2 氮

2.2.1 硝态氮 表 1 看出, 玉米种植区 0~5cm 免耕覆盖与常规耕作相差不大, 如 1994 年免耕覆盖比常规耕作高 17.9%, 1995 年低 2.5%。5~20cm 土层, 1994 年低 105.8%, 1995 年低 31.1%。20~50cm 差异不大。层次间变化差别如此大, 主要是由于常规耕作施肥后耕翻, 可使 0~20cm 土层较好的混合, 而免耕覆盖肥料基本都在表层(0~5cm)。总的情况是免耕覆盖比常规耕作土壤硝态氮含量低。免耕覆盖硝态氮随深度的下降趋势为“凹”型线, 常规耕作为“凸”型或直线趋势。土壤硝态氮含量高峰在 6~7 月。总的变化趋势是常规耕作高于免耕覆盖。

秋耕秸秆覆盖和碎秸秆还田是调控土壤硝态氮的有效途径。秋耕秸秆覆盖明显增加土壤硝态氮含量, 1994 年比常规耕作 0~20cm 高 13.93%, 比秸秆还田高 28.87%; 1995 年分别高 100.7% 和 9.3%。秋耕秸秆还田硝态氮含量明显高于常规耕作, 1995 年 0~20cm 高 83.7%。

试验期间休闲地没有施肥, 这样从两年的土壤养分含量就可以了解不同系统的自调控能力。从表 2 可看出, 0~5cm 土层免耕覆盖比常规耕作硝态氮含量高, 1994 年高 74.5%, 1995 年高 44.68%; 5~10cm 分别低 10.4% 和 4.92%, 10~20cm 分别高 35.86% 和 42.5%, 20~50cm 分别高 2.71% 和 -35.9%。显然, 就 0~20cm 土层而言, 在不施肥条件下, 免耕覆盖系统对土壤硝态氮具有很强的自调控能力, 该系统硝态氮的供应强度明显大于常规耕作, 这与玉米种植区有化肥投入结果形成明显的对比, 这可能是由于免耕覆盖后, 土壤水分条件的改善和温度的降低, 使种植的玉米根系有向地表集中的趋势, 从而增加了根系对表层土壤养分的吸

收,这可能是玉米种植区免耕覆盖表层土壤养分低的一个主要原因。从不同取样时间变化看,大多数情况下,休闲区免耕覆盖都比常规耕作含量高,1994 年硝态氮层次间的变化较大,尤其免耕覆盖系统上下层变幅很大,但 1995 年 0~50cm 土层基本稳定,这可能是 1994 年为刚开始不施肥料,受上一年施肥的影响,系统还没有趋于稳定,经过 1994 年一年的自调控,不同系统中,硝态氮的层次分布基本稳定,尤其到 1995 年后两次取样结果更能说明各系统土壤硝态氮的层次差异在减小。

2.2.2 铵态氮 从玉米生育期 4 次取样平均值看(表 1),0~20cm 铵态氮含量免耕覆盖明显低于常规耕作,1994 年低 70.8%,1995 年低 45.8%。从铵态氮的层次分布看,0~5cm 1994 年低 113.3%,1995 年低 55.2%;5~10cm 分别低 85.5%和 58.3%;10~20cm 分别低-0.2%和 10.9%;20~50cm 免耕覆盖还高于常规耕作。秋耕覆盖铵态氮含量稍高于免耕覆盖,秸秆还田按铵态氮含量与常规耕作相比互有高低,显然,这两种技术对铵态氮的调控效果不大。铵态氮的层次变化不大,尤其秸秆覆盖处理表现更为明显,这也表明在北方旱农区,土壤铵态氮具有稳定性。

休闲地铵态氮 0~20cm 土层免耕覆盖仅比常规耕作低 1.87%(1994 年),1995 年高 9.26%,秋耕覆盖秸秆和碎秸秆还田相差也不大。几个处理时间变化与层次变化都很小。

2.2.3 水解氮 从表 1 看,0~5cm 土层免耕覆盖明显高于常规耕作,1992 年高 10.01%,1995 年高 4.54%;5~20cm 分别低 7.3%和 6.17%;10~20cm 分别低 22.76%和 8.11%。秸秆还田和秋耕秸秆覆盖水解氮含量都高于常规耕作和免耕覆盖。从玉米全生育变化看,基本都是秸秆还田和秋耕覆盖高于其它两个处理。从层次变化看,除 6 月 25 日取土样变化大外,其他 3 次取样 0~50cm 土层层次间变化都不大,这可能与温度关系较大。

从全氮的变化看(表 1),不管是否免耕,只要秸秆覆盖就可明显改善土壤氮的供应水平,这对提高作物产量有利。休闲区水解氮的变化互有高低,变化相差不大(表 2)。休闲区全氮变化以秸秆覆盖后 0~5cm 土层高,其他层次差别不大。以上分析表明免耕系统并不意味着供氮能力下降,这一点与国内外同类研究结论不太一致,为了获得更高产量,免耕覆盖应多施氮肥。

表 1 不同处理土壤氮变化(种植玉米区)

处理	层次 (cm)	1992 年		1994 年			1995 年			
		N	水解氮	N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N	水解氮	NO ₃ -N	NH ₄ -N
		(%)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)
常规耕作	0~5	0.117	8.69	0.111	7.338	3.718	0.080	6.670	2.588	1.315
	5~10	0.089	6.18	0.09	5.800	2.550	0.077	4.645	1.525	0.713
	10~20	0.102	6.04	0.110	3.300	1.268	0.080	3.868	0.950	0.433
	20~50			0.103	0.498	1.298	0.058	3.093	1.138	0.295
秋耕覆盖	0~5			0.103	10.935	1.955	0.095	7.693	3.838	1.708
	5~10			0.103	5.330	1.303	0.086	7.140	3.450	1.293
	10~20			0.088	2.463	0.968	0.085	5.463	2.875	0.535
	20~50			0.086	0.768	1.205	0.062	3.088	1.463	0.315
免耕覆盖	0~5	0.120	9.56	0.107	8.653	1.743	0.118	6.973	2.525	0.848
	5~10	0.107	5.76	0.095	3.368	1.375	0.092	4.375	1.138	0.450
	10~20	0.100	4.92	0.074	1.055	1.293	0.079	3.578	0.750	0.390
	20~50			0.061	0.545	0.968	0.065	3.353	1.213	0.453
秸秆还田	0~5	0.108	7.07	0.092	4.393	2.345	0.086	7.215	3.700	1.808
	5~10	0.101	7.01	0.094	8.368	2.258	0.085	6.720	3.725	1.560
	10~20	0.088	5.76	0.080	1.778	1.345	0.085	5.168	1.875	0.580
	20~50			0.073	2.033	1.153	0.063	3.933	1.875	0.440

注:表中数据为 4 次取样平均值。

表 2 不同处理土壤氮变化(休闲区)

处理	层次 (cm)	1994 年			1995 年			
		N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	N	水解氮	NO ₃ -N	NH ₄ -N
		(%)	(mg/100g)	(mg/100g)	(%)	(mg/100g)	(mg/100g)	(mg/100g)
常规耕作	0~5	0.108	0.718	1.545	0.080	4.365	1.175	0.535
	5~10	0.096	0.738	1.228	0.072	4.193	0.800	0.373
	10~20	0.097	0.550	1.165	0.080	3.653	0.500	0.388
	20~50	0.098	0.738	1.270	0.060	2.788	0.663	0.268
秋耕覆盖	0~5	0.101	0.835	1.360	0.094	4.863	1.475	0.598
	5~10	0.098	0.593	1.278	0.095	4.235	1.100	0.535
	10~20	0.099	0.675	1.148	0.086	4.018	0.738	0.448
	20~50	0.093	0.668	1.038	0.066	2.658	0.725	0.345
免耕覆盖	0~5	0.108	1.253	1.618	0.115	5.898	1.700	0.485
	5~10	0.099	0.668	1.338	0.092	4.278	0.763	0.525
	10~20	0.081	0.743	0.920	0.085	3.740	0.713	0.405
	20~50	0.069	0.758	0.925	0.063	2.833	0.488	0.285
秸秆还田	0~5	0.094	1.218	1.013	0.084	4.430	1.200	0.578
	5~10	0.097	0.913	1.280	0.084	3.740	0.788	0.408
	10~20	0.088	0.653	0.990	0.077	3.630	0.600	0.423
	20~50	0.077	0.508	0.903	0.059	2.765	0.550	0.390

2.3 土壤酶变化

从表 3 可看出, 秸秆覆盖后, 玉米全生育期 0~10cm 土层脲酶含量明显增加, 免耕覆盖比常规耕作 1994 年高 103.4%, 1995 年高 24.9%。秋耕覆盖比常规耕作 1994 年高 79.3%, 1995

表 3 不同处理土壤脲酶与磷酸酶变化

处 理	种植玉米区				休 闲 区	
	脲酶(NH-N mg/g)		磷酸酶(mg/g)		脲酶(NH-N mg/g)	磷酸酶(mg/g)
	1994	1995	1994	1995	1995	1995
常规耕作	1.16	1.17	0.17	0.16	0.49	0.17
秋耕覆盖	2.08	1.42	0.17	0.19	1.30	0.20
免耕覆盖	2.36	1.46	0.18	0.68	1.15	0.40
秸秆还田	1.84	0.81	0.17	0.41	0.77	0.18

注: 表中数据为 4 次取样平均值。

年高 21.4%。休闲地 1995 年免耕覆盖比常规耕作高 134.7%, 秋耕覆盖比常规耕作高 165.3%。玉米田比休闲地脲酶含量普遍较高, 这可能与施肥有关。从玉米全生育期看, 总的趋势是随温度升高, 脲酶含量增加, 但也有例外。李淑高(1983)对山西晋中地区土壤酶活性研究表明, 脲酶活性高肥地比中肥地土壤高 30%, 比低肥地土壤高 35.2%。S. U. Khan(1970)认为, 土壤生物群体越活跃, 土壤中重要酶的水平就越高。

土壤磷酸酶比较稳定, 不同处理间差异不大, 就玉米全生育期的变化看, 起伏也不太大, 表明免耕覆盖对土壤磷酸酶的影响不太大。从总体趋势看, 秸秆覆盖后, 土壤磷酸酶有增多的趋势。Doran(1980)研究表明, 与常规耕作比, 大多数少耕土壤表层(0~7.5cm), 微生物群体大, 磷酸酶、脱氢酶活性高, 全氮水平高, 潜在的矿化氮水平也高。

3 结论与讨论

免耕覆盖对土壤有机质的影响主要在 0~5cm, 秸秆还田可明显提高 0~20cm 土层有机质, 休闲区变化趋势与种植区基本一致。

免耕覆盖比常规耕作土壤硝态氮含量低。免耕覆盖硝态氮随深度的下降趋势为‘凹’型线, 常规耕作为‘凸’型或直线趋势, 这与土壤的长期免耕和玉米根系在土壤表层分布较多有关。秋耕秸秆覆盖可明显增加土壤硝态氮的含量, 秋耕碎秸秆还田硝态氮含量明显高于常规耕作。休闲地 0~20cm 土层, 在不施肥条件下, 免耕覆盖系统硝态氮的供应强度明显大于常规耕作。主要是由于免耕覆盖后, 土壤水分条件的改善和温度的降低, 使种植的玉米根系有向地表集中的趋势, 从而增加了根系对表层土壤养分的吸收, 这可能是免耕覆盖表层土壤养分低的一个主要原因。国外大量试验表明, 土壤表面的作物残茬可抑制硝酸盐的形成。春季或夏初, 覆盖比对照硝酸盐含量低 5%~7%。McCalla(1959)发现, 将覆盖土和对照土取到实验室在水温适宜的条件下进行培养, 硝酸盐含量无差异, Johnson(1950)在 Bushland, Texas 的研究表明, 在夏季休闲残渣覆盖地, 生成了大量硝酸盐态氮。Blovins 等(1972)指出, 免耕土壤中硝态氮淋失的较多, 原因仍需进一步探讨。显然, 在这一方面的研究仍存在分歧。

0~20cm 铵态氮含量免耕覆盖明显低于常规耕作, 秋耕覆盖铵态氮含量稍高于免耕覆盖, 秸秆还田铵态氮含量与常规耕作相比互有高低。显然, 这两种技术对铵态氮的调控效果不大。铵态氮的层次变化不大, 表明在北方旱农区, 土壤铵态氮具有稳定性。

水解氮 0~5cm 土层免耕覆盖明显高于常规耕作, 10~20cm 低于常规耕作, 可能与表层有机质的增加有关。秸秆还田和秋耕秸秆覆盖水解氮含量都高于常规耕作和免耕覆盖。

从全氮的变化看, 不管是否免耕, 只要有秸秆覆盖就可明显改善土壤氮的供应水平, 这对提高作物产量有利。休闲区水解氮的变化互有高低, 变化相差不大。休闲区全氮的变化以秸秆覆盖后 0~5cm 土层高, 其它层次差别不大。

土壤有效态氮总的变化趋势是免耕覆盖后有效态氮含量明显降低, 但耕翻后再覆盖可以提高有效态氮的含量。耕翻覆盖是调控土壤有效态氮的手段之一。Doran(1980)研究结果与本研究结论基本一致。

秸秆覆盖后, 整个玉米生育期 0~10cm 土层脲酶含量明显增加, 玉米田比休闲地脲酶含量普遍较高, 这可能与施肥有关。从玉米全生育期看, 总的趋势是随温度升高, 脲酶含量增加。土壤磷酸酶比较稳定, 不同处理间差异不大, 就玉米全生育期的变化看, 起伏也不太大, 表明免耕覆盖对土壤磷酸酶的影响不太大, 从总体趋势看, 秸秆覆盖后, 土壤磷酸酶有增多的趋势。

参 考 文 献

- 1 刘杰, 籍增顺, 杨志民, 等. 旱地玉米、小麦少、免耕秸秆覆盖技术. 山西农业科学, 1994, 22(3): 1~6
- 2 籍增顺, 王盛霞, 洛希图, 等. 旱地玉米免耕覆盖土壤水分研究. 山西农业科学, 1994, 22(3): 7~12
- 3 籍增顺, 刘虎林, 洛希图, 等. 免耕覆盖对旱地玉米生长发育的影响. 山西农业科学, 1994, 22(3): 22~27

- 4 籍增顺. 国外免耕家业研究. 山西农业科学, 1994, 22(3): 63 ~ 68
- 5 殷士学, 宋明芝, 封克. 免耕法对土壤微生物和生物活性的影响. 土壤学报, 1992, 29(4): 370 ~ 375
- 6 Baeumer K, Bakermans WAP. Zero-tillage. Advances in Agronomy, 1973, 25: 84 ~ 91
- 7 Blevins RH, et al.. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on soil properties after 5 years of continuous corn. Agron. J, 1977, 69: 383 ~ 386
- 8 McCalla TM, Army TJ. Stubble mulch farming. Advances in Agronomy, 1961, 135 ~ 150
- 9 Ronald E P. No-tillage. Sciences, 1980, 208: 1110
- 10 Allmars RR, Dowdy RH. Conservation Tillage Systems and Their Adoption in the United States. Soil and Tillage Research, 1985, 5: 197 ~ 222
- 11 Frye WW, Lindwall CW. Zero-tillage research priorities. Soil & Tillage Research, 1986, 8: 311 ~ 316

A Study on Soil Nutrient with No-tillage in Arid Cornfield Soil Organic Matter, Enzyme and Nitrogen

Ji Zengshun Zhang Shumei Xue Zongrang

Yan Xuanmei Fan Lanying Zhang Zhiqin

(Institute of Agricultural Resources, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006)

Luo Xitu Wu Jinfang Zhang xiangjun

(Fenyang County Division Office of Shanxi Province, Fenyang)

Abstract A study was conducted under four environmental conditions during 1994 and 1995 in arid corn field to determine the effects of four tillage systems on soil organic matter, nitrogen and enzyme. The experiment was conducted using no-tillage with whold stalk mulch, mulch with whole stalk after full plow, conventional tillage and plough under the stalk after the harvest. Results indicated that: Compared with coventional tillage, soil organic matter increased by 0.55 percent at 0~5cm depth; pH decreased by 0.16, at 0~20cm depth soil; $\text{NO}_3\text{-N}$ decreased by 30.35% in cornfield, 30.37% higher than that in fallow field; $\text{NH}_4\text{-N}$ decreased by 58.3% in cornfield, 5.57% lower than that in fallow field; alkali-hydro. N was 4.97% lower than that in corn field, with no difference in fallow field under no-tillage system. $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ and Alkali-hydro. N were not different in level at 20~50cm depth.

Key words: No-tillage; Mulch; Soil nutrient; Enzyme