

干旱山区全膜马铃薯缓释氮肥吸收及运移的研究

李凤桐, 郭恒* (青海大学农林科学院, 青海西宁 810016)

摘要 [目的]探讨干旱山区全膜覆盖马铃薯合理的施肥方式,减少氮素淋洗造成的环境风险。[方法]设8个肥料试验处理,以研究不同施肥处理对高原干旱山区马铃薯田植株样品氮素吸收、分配和土壤淋溶液中硝态氮及铵态氮含量的影响。[结果]施用缓释氮肥与等养分的普通氮肥相比,增产率为10.6%、17.4%;随着马铃薯生育期的推进,马铃薯各器官中含氮量呈现逐渐下降的趋势,其中,叶中氮含量下降幅度较大,在生殖生长阶段80 d的缓释氮肥较普通尿素及50 d缓释氮肥更有利于茎中的氮素向马铃薯叶片和产量器官转移,50 d缓释氮肥在膨大期氮素积累量比其他处理都高,其中比对照、OPT高88%、68%,马铃薯对于氮素的需求与缓释50 d氮肥释放规律几乎一致。其他器官下降趋势较平缓。[结论]缓释氮肥可在马铃薯整个生育期内延缓氮素向硝态氮转化的速率,保证长期、持续地向植株提供氮素养分,从而提高马铃薯的产量。

关键词 全膜覆盖;垄作种植;马铃薯;缓释肥

中图分类号 S532 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)34-13199-05

The Research On Arid Mountain Film Potato Slow Release Nitrogen Fertilizer Uptake and Transport

LI Feng-tong et al (Academy of Agriculture and Forestry, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016)

Abstract [Objective] The aim was to explore reasonable fertilization for film covering potato in plateau arid mountain, reducing nitrogen leaching caused by environmental risks. [Method] Eight fertilizer treatments were set to study the effects of different fertilization treatment on plateau arid mountain potato field production, nitrogen absorption of plant samples, distribution, and nitrate and ammonium nitrogen content in soil leaching solution. [Results] Comparing the application of the slow release nitrogen fertilizer and the ordinary nitrogen fertilizer with same amount of nutrients such as nitrogen, the increased rates of yield were 10.6%, 17.4%; with the advance of potato growing period, the nitrogen content in potato organs presented a gradually declining trend, in which the decrease of nitrogen content in leaves was large, and in the reproductive growth stage 80 days' slow release nitrogen fertilizer is more helpful to the transfer of nitrogen from stem to the potato leaves than the ordinary urea and 50 days' slow release nitrogen fertilizer. The amount of nitrogen accumulation of 50 days' slow release nitrogen fertilizer in the enlargement stage was higher than that of other treatments, which compared to the control, OPT were higher by 88%, 68%. The demand of potato for nitrogen was almost same as the release law of 50 days' slow release nitrogen fertilizer. The decrease trend of other organs was more gentle. [Conclusion] Slow release nitrogen fertilizer could delay the transformation rates of nitrogen to nitrate nitrogen in the entire growth period of potato to ensure long-term, continuing to provide the plant with nutrients nitrogen, thereby increasing the yield of potato.

Key words Plastic film mulching; Ridge tillage planting; Potatoes; Slow-release urea

土壤中氮素的含量较低,但其却是植物正常生长发育所必需的营养元素,而马铃薯从土壤中吸收的营养元素中氮素的量最高,因此对马铃薯施用氮素肥料可显著提高其产量。我国青海省东部的总耕地面积中有72%为农业干旱山区,在该区发展出了以地膜覆盖种植马铃薯为主的种植模式,是全省马铃薯的主要种植区,并取得了显著社会和经济效益^[1]。在种植覆膜马铃薯时在施肥仅在覆膜前进行1次,地膜覆盖后土壤中的水分含量稳定,但温度逐渐增高,从而为土壤微生物的大量生长和繁殖创造了条件^[2-4]。而这些微生物的存在会使有机质分解和土壤养分的转化速率加快,从而提高栽种前期土壤中铵态氮和硝态氮的含量^[5]。由于在马铃薯播种和生长期田间地已被覆膜,所以此期间不易追肥,加之目前国内生产的肥料溶解速度过快,使得土壤肥力下降,而造成马铃薯生长中后期由于缺乏肥料而早衰,也造成了肥料利用率降低。在这种肥料利用率很低的情况下,种植户为使马铃薯获得足够营养而获得高产,经常过量使用氮肥,氮素化肥的施用量合纯氮约为210 kg/hm²,有些甚至已超过300 kg/hm²,大幅超过了发达国家的施用水平^[6]。

一般施进土壤的氮肥除以气体形式挥发的部分和被农

作物吸收的部分,其他部分被淋洗进入耕作层以下或在土壤中以硝态氮的形式储存。因此长期大量的施用氮肥会使土壤中的硝态氮含量逐渐增加,并具有随着施用量的增加呈直线上升的趋势^[7-8]。同时由于土壤不易吸附硝态氮,使其非常容易随着在灌溉和降雨时产生的水流从上层向下土壤淋溶,从而造成氮素随水运移的淋失,并污染地下水源。地下水硝态氮污染的主要原因即是氮肥的超量施用。将氮肥与钾肥和磷肥一起配合施用能够显著降低硝态氮的淋失,同时减少土壤中硝态氮的累积,因此可采取氮、磷、钾肥料配和施用的方式来降低土壤中硝态氮的淋失,同时减少对地下水的污染^[9]。而缓释氮肥具有多种优点,其可减少肥料用量、节省追肥所需的劳动力投入、在提高氮肥利用率的同时满足农作物高产优质的需求,还可降低对环境的污染等^[10-11]。据此,笔者研究比较了缓释氮肥和常规氮肥两种处理对干旱山区全膜覆盖马铃薯产量的影响,同时研究了两种处理下土壤剖面的硝、铵态氮动态分布情况,旨在为建立我国干旱山区的全膜覆盖种植马铃薯平衡施肥模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2011年4~10月在青海省互助县蔡家堡乡进行,该地区属雨养农业区,年均温5.8℃,年降雨量400~500 mm,海拔2600 m,主产作物为马铃薯、蚕豆和春小麦等。供试马铃薯品种为下寨65。试验地前茬种植覆膜春玉米,4月18日播种马铃薯,试验地全膜覆盖,10月11日收获。播种前土壤基础养分为pH 8.36,有机质6.43 g/kg,

基金项目 国际植物营养研究所(IPNI)中国项目部资助(BFDP-Qinghai-2011)。

作者简介 李凤桐(1962-),男,青海西宁市人,实验师,本科,从事土壤与植物营养研究。*通讯作者,研究实习员,硕士,从事植物营养研究。

收稿日期 2013-11-02

全氮 0.79 g/kg,全磷 1.70 g/kg,全钾 24.47 g/kg,碱解氮 69 mg/kg, P_2O_5 5.5 mg/kg, K_2O 99 mg/kg。

1.2 试验设计 试验采用完全随机区组排列,设 8 个处理(表 1),每个处理 4 次重复,小区面积 4.4 m × 5.0 m。按“品”字形种植,每小区种 6 垄,每垄种 2 行,种植密度为 67 500 株/hm²。缓释氮肥分别为 50 和 80 d 的缓释氮肥(46% 含氮量,北京市农林科学院),其他处理均为普通氮肥(宁夏鲁西化工化肥有限公司),氯化钾 K_2O 含量 60% (加拿大),过磷酸钙 P_2O_5 含量 12% (中国石油宁夏石化公司)。按照试验处理的要求混合肥料,混合均匀后进行一次性基施。采用与大田相同的管理条件和栽培措施。按照各小区

表 1 马铃薯肥料用量及处理

处理	N	P_2O_5	K_2O	小区基肥用量//kg		
	kg/hm ²	kg/hm ²	kg/hm ²	尿素	过磷酸钙	氯化钾
OPT2(N80d)	195.0	103.5	75.0	0.93	1.90	0.28
OPT1-K(N50d)	195.0	103.5	0	0.93	1.90	0
OPT1(N50d)	195.0	103.5	75.0	0.93	1.90	0.28
OPT1-P(N50d)	195.0	0	75.0	0.93	0	0.28
FP	230.0	72.0	0	1.10	1.32	0
OPT 普通尿素	195.0	103.5	75.0	0.93	1.90	0.28
CK	0	0	0	0	0	0
OPT1-N(N50d)	0	103.5	75.0	0	1.90	0.28

注:OPT 表示推荐施肥方案;FP 表示当地农户的习惯施肥方案;N50d 表示缓释 50 d 的氮肥;N80d 表示缓释 80 d 的氮肥。

表 2 各处理马铃薯产量统计分析

处理	产量//kg/hm ²			平均 kg/hm ²	与 CK 相比 %	与 OPT1-N 相比 %	与 OPT 相比 %	$F_{0.05}$
	II	III	IV					
OPT2(N80d)	36 360	34 995	30 450	33 935	28	56.8	17.4	a
OPT1-K(N50d)	36 360	32 280	33 030	33 890	27	56.6	17.2	a
OPT1(N50d)	29 085	31 815	34 995	31 965	20	47.7	10.6	a
OPT1-P(N50d)	28 860	34 995	26 820	30 225	14	39.7	4.6	ab
FP	26 370	30 810	32 160	29 780	12	37.6	3.0	ab
OPT 普通尿素	26 370	30 915	29 430	28 905	9	33.6	-	ab
CK	27 555	27 195	25 005	26 585	-	22.9	-8.0	b
OPT1-N(N50d)	20 910	22 215	21 795	21 640	-19	-	-25.1	c

注:由于对重复 I 各小区进行分期取样严重影响了其密度,因此未统计其产量,用重复 II、III、IV 产量进行统计分析。

2.2 不同处理对马铃薯氮素吸收的影响

2.2.1 不同处理马铃薯器官中氮含量的变化。在植株的不同部位和不同时期氮素的分配比例对成熟期收获器官的含氮量存在重要影响。不同器官氮含量的高低直接反映了植株生长势的强弱。由图 1 和表 3 可看出,马铃薯各器官中是含氮量随着其的生长呈逐渐下降的趋势,其中下降幅度较大的为叶中氮含量,其他器官的下降趋势较为平缓;氮含量在苗期表现为根 < 叶片,在膨大期则表现为块茎 < 茎 < 叶片。这是由于在初期马铃薯地上部分生长较慢,虽然吸收积累的氮素量较少,但是相对氮含量较高,当块茎膨大之后,需要充足的养分来供应马铃薯地上和地下部分的旺盛生长,此时植株的生长势较强,氮素吸收量也相应较多,而在各器官中干物质迅速累积,使得其中相对氮含量不断下降。

在所有处理中,器官根的氮含量在苗期均比 OPT1-N 处理的高,而在其他时期 OPT1-N 处理的根氮含量均比于其他

确定的用量施入化肥,人工起垄后播种。以 20 cm 为一个层次在马铃薯的苗期、现蕾期、盛花期、膨大期、成熟期取处理的土样进行测定。收获时各处理小区分别统计产量。

1.3 分析方法 分析土壤中氮素淋溶量及淋溶深度,向土样中加入 1 mol/L NaCl 溶液,振荡 30 min 后过滤,对所得上清液采用紫外分光光度法及酚蓝比色法测定 NH_4^+ -N、 NO_3^- -N 含量。

2 结果与分析

2.1 不同氮肥处理对马铃薯产量的影响 由表 2 可看出,马铃薯产量最高的为 80 d 缓释氮肥处理,达 33 935 kg/hm²。不施用氮磷钾肥的处理产量均有所降低,但幅度不同。80 d 缓释氮肥相比于 OPT1-N 处理和对照增产率分别达 56.8% 和 28.0%,差异均达显著水平;50 d 缓释氮肥相比于 OPT1-N 处理和对照增产率分别达 47.7% 和 20.0%,差异均达显著水平;普通氮肥相比于 OPT1-N 处理和对照增产率分别达 33.6% 和 9.0%,与 OPT1-N 处理之间的差异达显著水平,而与对照之间的差异未达显著水平。这说明施肥情况可显著影响马铃薯的产量,且马铃薯增产的主要因子之一仍为氮素。80 d 缓释氮肥相比于普通氮肥处理增产率达 17.4%,而 50 d 缓释氮肥则达 10.6%。这说明与普通氮肥相比,缓释氮肥可在一定程度上促进马铃薯增产。缓释氮肥对于马铃薯生长后期所需氮素起到了一定的补充作用。

处理的低,到收获期保持与 OPT1-P 相同的氮含量水平。随着马铃薯从现蕾期生长至盛花期,其茎中的氮含量先上升后降低,但各处理在各时期的氮含量均比对照高,在膨大期表现为 OPT1-P > OPT1 > OPT > FP > OPT2 = OPT1-K > OPT1-N > CK,至成熟期各处理的氮含量均下降到最低,这说明,在营养生长阶段,施用不同类型的氮肥均有利于马铃薯茎氮素的吸收和储存,而在生殖生长阶段 80 d 的缓释氮肥比 50 d 的缓释氮肥和普通尿素更有助于茎中的氮向产量器官和叶片转移,且施用氮肥更有助于茎中氮含量维持在相对较高的水平,在马铃薯生长后期转移速度较快,从而给予产量器官充足的营养,使其充实膨大;叶绿素的光和能力与含量与叶片氮素含量的高低关系密切,在膨大期时叶片氮素含量 80 d 缓释氮肥处理比其他处理高,说明 80 d 缓释氮肥可补充马铃薯后期生长所需的氮素营养,并使马铃薯叶片的衰老延缓,为马铃薯的增产和高产提供了基础。

表 3 各处理下马铃薯各种器官的全氮含量变化

器官	处理	各生育时期的全氮含量//mg/kg					
		苗期	现蕾期	盛花期	膨大期	收获期	
根	OPT2(N80d)	3.30	2.59	2.30	1.49	1.54	
	OPT1-K(N50d)	3.15	2.93	2.10	1.97	1.62	
	OPT1(N50d)	3.29	2.94	2.48	2.04	1.41	
	OPT1-P(N50d)	2.96	2.83	2.43	2.19	1.35	
	FP	3.10	2.84	2.58	1.78	1.40	
	OPT 普通尿素	3.07	2.53	2.56	1.83	1.43	
	CK	3.20	2.99	2.47	3.23	1.38	
	OPT1-N(N50d)	3.07	2.43	2.16	1.66	1.35	
	茎	OPT2(N80d)		2.44	3.02	1.49	1.70
		OPT1-K(N50d)		2.38	3.28	1.49	1.55
OPT1(N50d)			2.83	3.06	1.86	1.57	
OPT1-P(N50d)			2.55	3.03	1.97	1.40	
FP			2.87	3.54	1.71	1.68	
OPT 普通尿素			3.01	3.31	1.77	1.45	
CK			3.12	5.41	1.29	1.57	
OPT1-N(N50d)			2.69	2.32	1.30	1.37	
叶		OPT2(N80d)	6.22	4.99	4.70	3.65	3.11
		OPT1-K(N50d)	5.80	5.14	5.12	3.40	3.01
	OPT1(N50d)	5.27	5.39	5.11	3.87	3.16	
	OPT1-P(N50d)	5.16	5.44	4.73	3.68	3.02	
	FP	5.48	5.22	5.07	3.62	3.07	
	OPT 普通尿素	5.40	4.96	3.47	3.04	5.40	
	CK	5.24	5.41	5.41	2.81	2.87	
	OPT1-N(N50d)	5.11	4.34	4.42	3.68	2.82	
	块茎	OPT2(N80d)				1.33	1.15
		OPT1-K(N50d)				1.27	1.04
OPT1(N50d)					1.27	1.10	
OPT1-P(N50d)					1.35	0.96	
FP					1.36	0.95	
OPT 普通尿素					1.55	1.17	
CK					1.22	0.87	
OPT1-N(N50d)					1.21	0.89	

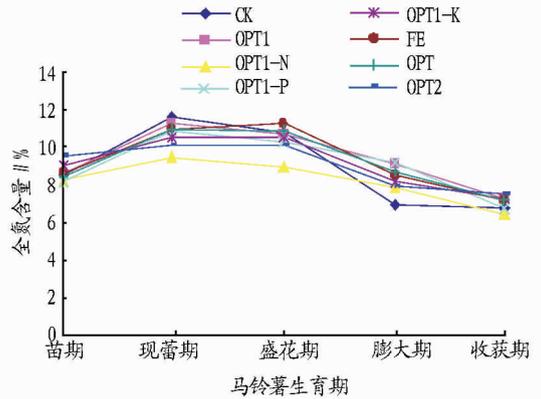


图 1 不同生育期的马铃薯全氮含量

2.2.2 不同施肥处理对马铃薯不同生育期植株氮素累积量的影响。在不同时期马铃薯植株氮素的吸收比例,对其施肥时期及施氮肥量有重要影响。图 2 显示,各施氮处理下马铃薯氮素累积量的变化趋势趋于一致,从苗期至盛花期缓慢增加,在膨大期达最大值,到成熟期又开始缓慢降低。其中 OPT1 处理在膨大期的植株氮素累积量高于其他处理,比对照和 OPT 处理分别高 88% 和 68%。这是由于在马铃薯生长后期土壤没有施加氮肥而导致对植株的供氮不足,使植株对氮素的征调能力降低,导致马铃薯植株的氮素累积量非常少,从而影响了植株的生长发育,而缓释氮肥可促进植株生长后期所需的氮素积累,使生育期推迟。由该试验可知,马铃薯植株对氮素的需求与 50 d 缓释氮肥的释放规律基本一致。

2.3 不同施肥处理下土壤剖面的硝态氮分布 图 3 显示,不同处理下 0~20 cm 土层的土壤中的硝态氮含量呈现为缓慢下降的趋势,其中该土层下不施氮处理的硝态氮含量保持较低,其中处于苗期的处理 OPT1 的土壤硝态氮含量达最大值,且高于同时期的其他处理。处理 OPT1-N 的硝态氮含量

表 4 各处理下马铃薯在不同时期的氮素累积量

生长期	养分吸收量//kg/hm ²							
	CK	OPT1	OPT1-N	OPT1-P	OPT1-K	FP	OPT	OPT2
苗期	18.23	23.63	22.95	18.23	19.58	24.30	21.60	18.90
苗期~现蕾期	116.78	131.63	99.23	105.98	105.98	121.50	118.13	87.75
现蕾期~盛花期	143.10	172.80	101.93	190.35	226.80	116.10	192.38	223.43
盛花期~膨大期	616.28	1160.33	751.95	673.65	774.23	1052.33	689.18	766.13
膨大期~成熟期	456.30	482.63	423.23	440.10	460.35	484.65	464.40	467.78

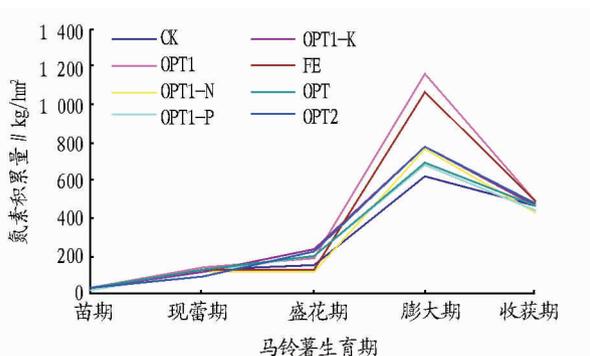


图 2 不同生育期的马铃薯氮素累积量

保持最低水平,说明施加在田地中的氮肥主要以硝态氮的形式供给马铃薯植株生长所需的氮素养分,同时也说明促进马铃薯生长和增产的主要因素之一是氮素。处于苗期的处理 OPT1 的土壤硝态氮含量为 105.39 mg/kg,相对于其他处理较高。在植株的整个生长期中,OPT 处理的土壤硝态氮含量均低于 OPT1 的土壤硝态氮含量,说明氮素转化为硝态氮的速度可通过 50 d 的缓释氮肥来能降低,从而保证长期持续的向马铃薯植株提供氮素养分。在不同施肥处理下 20~40、40~60、60~80、80~100 cm 土层的土壤中的硝态氮含量都现象为逐渐下降的趋势,其中处于成熟期的 OPT 处理的 40~60 cm 土层土壤中的硝态氮含量相对于 OPT1 较高,说明推

荐施氮肥处理为普通氮肥的硝态氮淋失比推荐施氮肥处理为缓释氮肥的硝态氮淋失更严重。

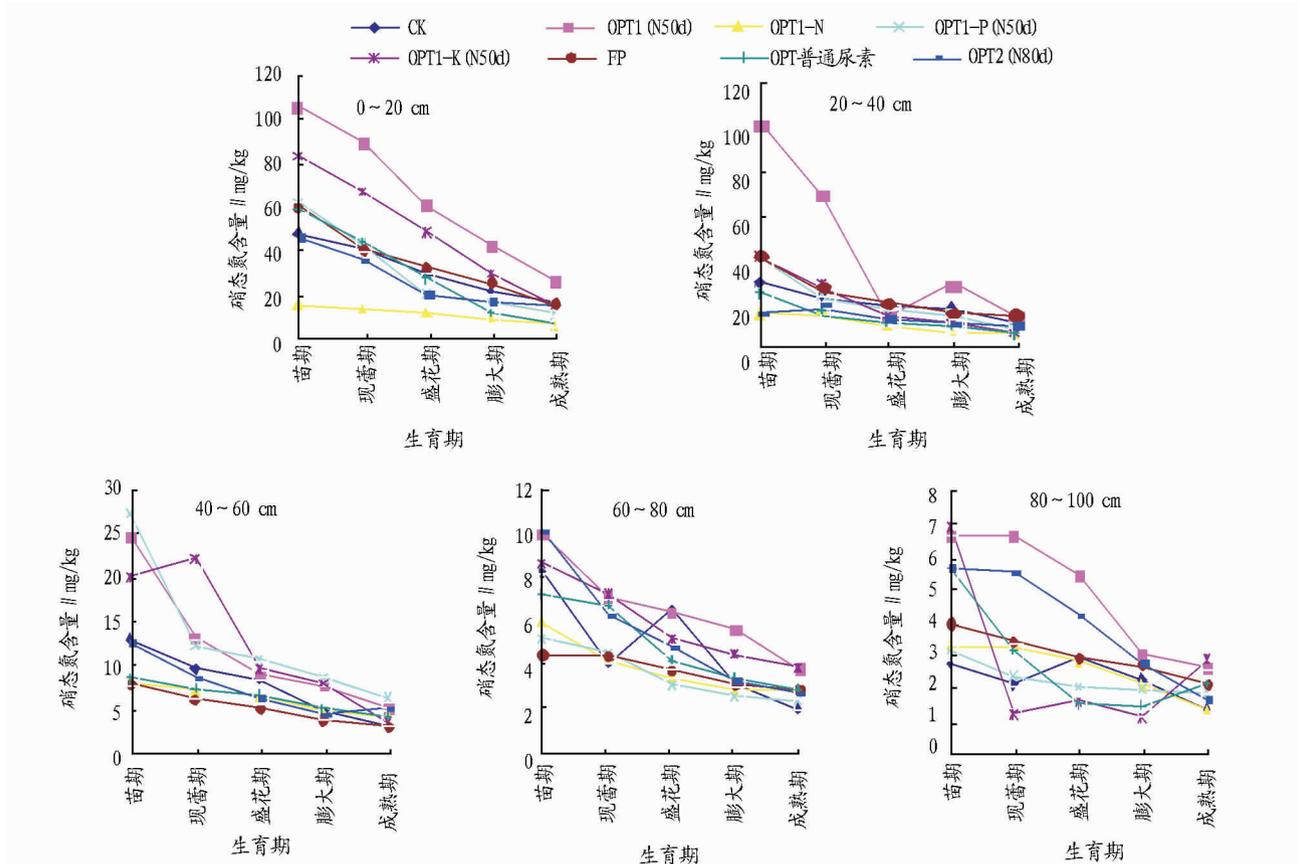


图3 不同施肥处理下各土层中的硝态氮含量变化

2.4 不同施肥处理下土壤剖面的铵态氮分布 图4显示,处理OPT1下0~20 cm土层的土壤中铵态氮含量的变化呈现为“下降-上升-下降”的趋势,其他处理在该土层中的土壤的铵态氮含量保持相对稳定,其中处于膨大期的处理OPT1的铵态氮含量达最大值,可能是因为处理OPT1在一定程度上具有降低铵态氮转化为硝态氮速度的作用。在现蕾期,处理OPT的铵态氮含量快速增加,而在盛花期至成熟期保持相对稳定。不同处理的20~40、40~60、60~80、80~100 cm土层土壤中的铵态氮含量呈现为“上升-下降-上升-下降”的趋势,且各处理的铵态氮含量变化波动较小。说明施入田地中的氮素主要以硝态氮形式存在,很少转化位铵态氮。

3 结论与讨论

在该试验中施用缓释氮肥促进了马铃薯的增产,还使肥料的利用率提高,与等养分的普通氮肥相比施用缓释氮肥的增产率为10.6%、17.4%,表现出显著的产量提高,说明缓释氮肥中的氮素养分释放速度较慢,从而补充了马铃薯生长后期对氮素养分的需求。试验下一步需筛选出普通氮肥和缓释氮肥施用的适当比例,以进一步改进氮素的释放时期与释放量。

马铃薯各器官中是含氮量随着其的生长呈逐渐下降的趋势,其中下降幅度较大的为叶中氮含量,其他器官的下降

趋势较为平缓;氮含量在苗期表现为根<叶片,在膨大期则表现为块茎<茎<叶片。这是由于在初期马铃薯地上部分生长较慢,虽然吸收积累的氮素量较少,但是相对氮含量较高,当块茎膨大之后,氮素吸收量也相应较多,而在各器官中干物质迅速累积,使得其中相对氮含量不断下降。

在生殖生长阶段80 d的缓释氮肥比50 d的缓释氮肥和普通尿素更有助于茎中的氮向产量器官和叶片转移,且施用氮肥更有助于茎中氮含量维持在相对较高的水平,在马铃薯生长后期转移速度较快,从而给予产量器官充足的营养,使其充实膨大;叶绿素的光和能力与含量与叶片氮素含量的高低关系密切,在膨大期时叶片氮素含量80 d缓释氮肥处理比其他处理高,说明80 d缓释氮肥可补充马铃薯后期生长所需的氮素营养,并使马铃薯叶片的衰老延缓,为马铃薯的增产和高产提供了基础。

各施氮处理下马铃薯氮素积累量的变化趋势趋于一致,从苗期至盛花期缓慢增加,在膨大期达最大值,到成熟期又开始缓慢降低。其中OPT1处理在膨大期的植株氮素积累量高于其他处理,比对照和OPT处理分别高88%和68%。这说明缓释氮肥可促进植株生长后期所需的氮素积累,马铃薯植株对氮素的需求与50 d缓释氮肥的释放规律基本一致。

0~100 cm土层中保持较高的硝态氮含量,保证了在整个生长过程中全膜覆盖马铃薯对氮素的需求,缓释氮肥能延

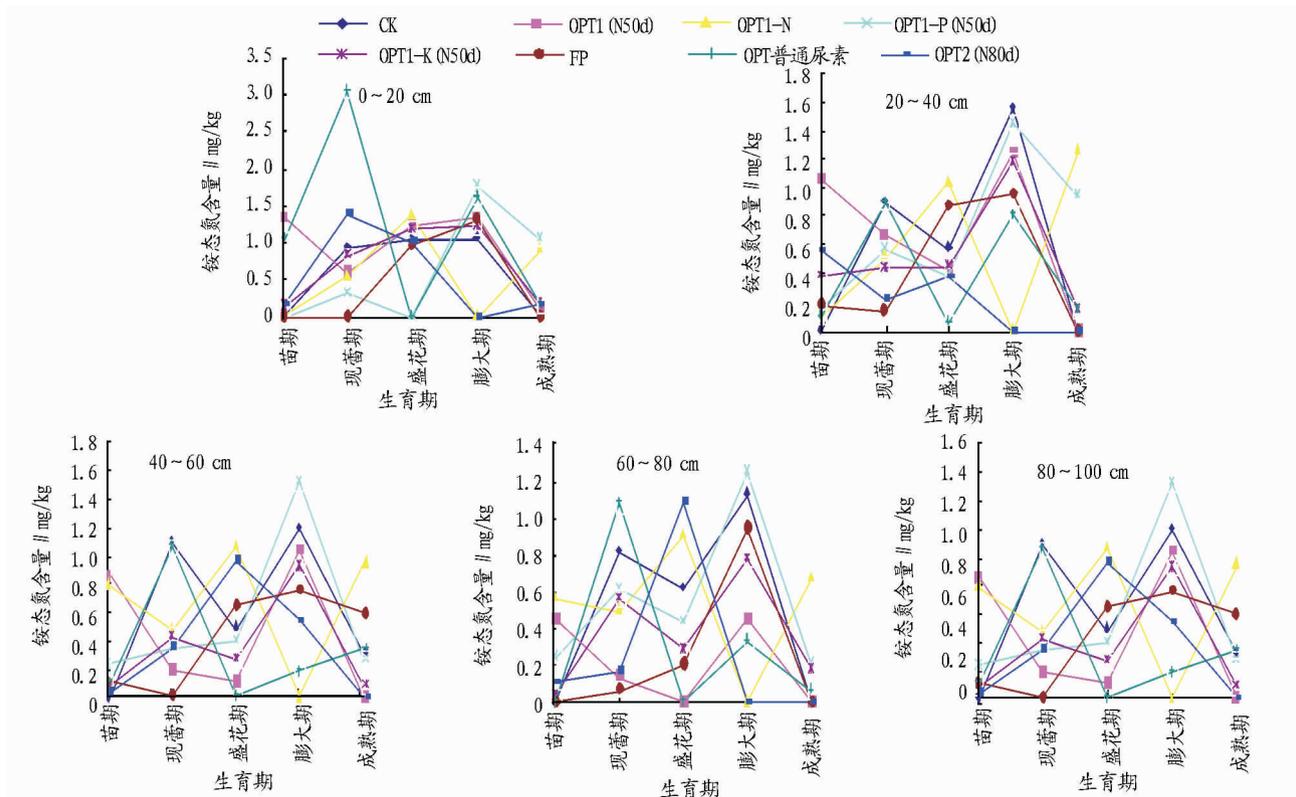


图4 不同施肥处理下各土层中的铵态氮含量变化

缓氮素转化为硝态氮的速率,从而保证在较长时间内向植株提供氮素,使马铃薯增产。各处理的铵态氮含量变化波动较小,说明施入田地中的氮素主要以硝态氮形式存在,很少转化位铵态氮。

干旱山区全膜覆盖是一种新的耕作方法,因其全膜覆盖而使追肥困难,但马铃薯前期需肥量较小后期需肥量较大,因此需选用配套的施肥技术解决由此问题导致的脱肥减产问题,由此开展了氮肥后移或缓释尿素的研究。由该研究可看出,施用缓释尿素能够成为简化该全膜覆盖栽培的重要措施。今后应针对干旱山区土壤养分普遍偏低,尤其有机质、氮素的缺乏以及不同马铃薯品种需肥规律,大力推广缓释性尿素,从而满足山旱地全膜覆盖马铃薯的养分需求。

参考文献

- [1] 中国地膜栽培研究会. 地膜覆盖栽培技术大全[M]. 北京:农业出版社, 2009.
- [2] 王宜伦,苗玉红,韩燕来,等. 减量控释氮肥对大棚甜椒产量及土壤硝
- [8] 马娟娟,胡全才,王景华. 钾锌肥与氮肥配施对鲜食油菜产量的影响[J]. 山西农业大学学报,2000,20(2):148-151.
- [9] 李淑芹,张耀伟,闫雷,等. 不同施氮水平对白菜硝酸盐积累的影响[J]. 东北农业大学学报,2003,34(2):152-156.
- [10] 刘佳,张杰,徐昌旭,等. 氮肥用量对诸葛菜产量及氮素吸收利用的影响[J]. 中国油料作物学报,2013,35(2):185-189.
- [11] 毕晓庆,山楠,杜连凤,等. 氮肥用量对设施滴灌栽培番茄产量品质及土壤硝态氮累积的影响[J]. 农业环境科学学报,2013,32(11):2246-2250.
- [12] 王柳,张福漫,魏秀菊. 不同氮肥水平对日光温室黄瓜品质和产量的

态氮铵态氮分布的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(6):106-110.

- [3] 李晓欣,胡春胜,程一松. 不同施肥处理对作物产量及土壤中硝态氮累积的影响[J]. 干旱地区农业研究,2003,21(3):38-42.
- [4] 刘宏斌,李志宏,张云贵,等. 北京平原农区地下水硝态氮污染状况及其影响因素研究[J]. 土壤学报,2006,43(3):405-413.
- [5] 张维理,田哲旭,张宁,等. 我国北方农用氮肥造成地下水硝态氮污染的调查[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(2):80-87.
- [6] 樊军,郝明德,党廷辉. 旱地长期定位施肥对土壤剖面硝态氮分布与累积的影响[J]. 土壤与环境,2000,9(1):23-26.
- [7] LI X Y, GONG J D, GAO Q Z. Incorporation of ridge and furrow method of rainfall harvesting with mulch-hing for crop production under semiarid conditions[J]. Agric Water Manage,2001,50(3):173-183.
- [8] WANG X L, LI F M, JIA Y, et al. Increasing potato yields with additional water and increased soil temperature[J]. Agricultural Water Management, 2005,78(3):181-194.
- [9] 王宁,李大社,韩世欣,等. 黑钙土烤烟氮素积累、分配的研究[J]. 土壤通报,2011,42(2):378-381.
- [10] ITHAPANYA P. Genotype differences in nutrient uptake and utilization for grain yield production of rainfed lowland rice under fertilized and non-fertilized conditions[J]. Field Crop Research,2000,65(4):57-68.
- [11] 徐克章,刘宝,丛雨生,等. 大豆叶柄特征的初步研究[J]. 大豆科学,1988,7(3):239-240.
- [13] 潜宗伟,陈海丽,刘明池. 不同氮素水平对甜瓜芳香物质和营养品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2011,17(6):1451-1458.
- [14] 肖厚军,闫献芳,彭刚. 氮磷钾配施对大白菜产量和硝酸盐含量的影响研究[J]. 土壤通报,2002,33(4):281-284.
- [15] 张志安,张美善,蔚荣海. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2004.
- [16] 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.
- [17] 黄自为,彭建伟,罗建新,等. 化肥对蔬菜硝酸盐含量的影响[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2002(5):387-390.

(上接第13198页)