

不同种植年限大棚菜地土壤速效磷、钾及电导率的垂直变异

胡明芳,田长彦,周光涛,王林霞,张 慧

(中国科学院 新疆生态与地理研究所,新疆 乌鲁木齐 830011)

【摘 要】 【目的】探讨不同种植年限大棚菜地土壤速效磷、速效钾以及电导率的垂直变异,为大棚菜地合理施肥提供理论依据。【方法】采用多点取样的调查方法,对新疆库尔勒主要蔬菜基地种植17年的露天菜地及不同种植年限(3,10,14年)大棚菜地的土壤速效磷、速效钾含量及电导率进行测定,分析其在0~180 cm土层的垂直分布状况。【结果】在0~180 cm土层,调查区大棚菜地土壤速效磷含量呈明显的上高下低型垂直分布,随种植年限的增加0~20 cm土层土壤速效磷大量积累;调查区大棚菜地土壤速效钾含量垂直分布相对平稳,随种植年限的增加各土层土壤速效钾含量逐渐减少,表层土壤速效钾处于明显的消耗状态;调查区大棚菜地土壤电导率随土壤深度增加变化较为平缓,随种植年限的增加,0~60 cm土层土壤电导率显著提高,盐分有累积趋势;与种植年限相近的大棚菜地相比较,露天菜地0~20 cm土层土壤速效磷显著低于大棚菜地,速效钾含量与电导率则显著高于大棚菜地,表现出更为明显的次生盐渍化。【结论】大棚菜地需要平衡施用磷肥,补充钾肥,并防止土壤次生盐渍化。

【关键词】 大棚菜地;速效磷;速效钾;电导率;垂直变异

【中图分类号】 S158

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)10-0205-05

Study on vertical variation of available P and K and electrical conductivity of greenhouse soil of different cultivation ages

HU Ming-fang, TIAN Chang-yan, ZHOU Guang-tao, WANG Lin-xia, ZHANG Hui

(Xinjiang Institute of Ecology and Geography, China Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: 【Objective】 The vertical variation of available P and K and EC of greenhouse soil of different cultivation ages was studied to provide some theory to fertilizing. 【Method】 A field survey was conducted to investigate available phosphorus (P) and available potassium (K) content and EC value of 17 years' open vergetable land and greenhouse of different planting ages(3, 10, 14 years) in Kuerle of Xinjiang, and their vertical distribution in 0—180 cm soil layer was analysed. 【Result】 The results showed that: available P content of greenhouse topsoil was significantly bigger than deep soil, and that decreased sharply as the depth of soil increased. With planting years prolonged, a great deal of the available P enriched intensively in 0—20 cm soil layer of greenhouse; available K content of greenhouse soil of the investigate area was stable in vertical section, and available K content of topsoil was lightly lower than that of deep soil. Available K of topsoil of greenhouse was consumed continuously; EC value of greenhouse soil was stable in vertical section, and EC value 0—60 cm soil layer increased significantly as cultivated age increased, soil salinity tended to increase; compared with greenhouse which planted almost similar years, available P content of open field topsoil was significantly more than that of greenhouse topsoil, and available K content and EC were more

* [收稿日期] 2010-04-07

[基金项目] 国家科技支撑计划项目(2007BAC20B03, 2007BAC20B00)

[作者简介] 胡明芳(1973—),女,江苏沛县人,硕士,助理研究员,主要从事干旱区绿洲农业生态研究。

E-mail: hmf0501xxx@sina.com

than that of greenhouse topsoil notably,secondary salinization of open field was more evident.【Conclusion】Greenhouse field should balance P fertilization,add K fertilization,and protect soil from secondary salinization.

Key words: greenhouse soil; available P; available K; EC; vertical variation

随着城市化、工业化和农业集约化的快速发展,因蔬菜生产具有较高的经济效益,新疆库尔勒地区蔬菜用地面积不断扩大,菜地种植年限也不断增加。生产者为了追求高产、高利润,往往实行过量施肥栽培。大棚栽培更改变了传统露天种植的土壤环境,具有高温、高湿及高施肥、高产出、超强度利用等特点,是一种高度集约化的工厂式农业利用方式^[1]。此外,大棚种植还是农业生产措施和种植环境相对稳定的栽培方式,随着种植年限的增长,土壤养分状况必然会发生相应的变化^[2]。

目前,有关蔬菜地土壤氮淋失、磷富集并造成水体富营养化以及土壤次生盐渍化的研究报道相对较多^[3-8]。这些研究表明,保护地蔬菜栽培中氮肥的大量施用,使土壤氮素积累现象非常严重,并出现盐分累积和次生盐渍化的发生;土壤磷素积累是菜地土壤的共同特征,长期高量施用磷肥导致土壤磷素大量积累;随着种植年限的增加,菜地土壤盐渍化和酸化程度加重,硝酸盐淋失损失增加;无论是保护地栽培还是露地栽培,随着蔬菜种植年限的增加,土壤理化性状均发生了很大的变化。但是关于干旱区极端环境条件下大棚菜地土壤养分与盐分状况变化的研究很少。因此,本研究以露天菜地为对照,对极端干旱环境条件下,不同种植年限大棚菜地土壤速效磷、

速效钾含量与盐分的垂直分布状况进行了调查,以期为极端干旱环境条件下大棚菜地的养分管理与生态保护提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究在新疆库尔勒市以蔬菜生产为主导产业的英下乡(E86°05′,N41°43′)进行。本区属于暖温带大陆性干旱气候,年均降水量 50.1 mm,蒸发量为 2 788 mm,年均气温 11.4℃,1 月份平均气温-8.1℃,7 月份平均气温 26.1℃,极端高温 40.0℃,极端低温-28.1℃,≥10℃积温为 4 273℃,土壤为盐化潮土,质地比较均一,年均地下潜水位 10 m。

由于大棚蔬菜产值及复种指数均较高,而露天蔬菜仅为夏季种植,所以对露天蔬菜投入相对较少,一般化肥与有机肥年投入量分别约为 345,579.17 kg/hm²;大棚菜地化肥与有机肥年投入量分别约为 1 035,1 737.5 kg/hm²,折合的养分年投入量见表 1。每年 7—8 月有机肥作为基肥一次施入,有机肥以猪粪、牛粪和鸡粪为主;每季追肥 2~3 次,随水灌施尿素和磷酸二铵,每年种植 3 季;灌溉方式均为大水漫灌。

表 1 露天和大棚菜地养分的年投入量

Table 1 Nutrient input of vegetable field

kg/hm²

调查区 Site	有机肥 Organic fertilizer	化肥 Fertilizer	折合养分投入量 Nutrient input		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
露天菜地 Open vegetable field	579.17	345	168.34	134.90	51.60
大棚菜地 Greenhouse	1 737.5	1 035	505.02	404.71	154.81

1.2 试验设计

首先对蔬菜生产经营户进行随机抽样调查,记录施肥方式、灌溉方式与种植制度。根据调查结果,确定了面积较大的种植 17 年以上露天菜地以及不同种植年限(分别为 3,10,14 年)的大棚菜地为研究对象,进行土壤样品采集与分析。

1.2.1 土样采集 由于露天菜地还未种植,所以选取样点 15 个直接进行采样。为避免土壤水分非季节性波动对大棚采样的影响,于 2009-03-04—04-01 选取已出完菜 1 周,且前 5 d 内无水分输入的大棚菜地为采样对象,每个种植年限选 3 个大棚,大棚内

采用“S”型路线采样法进行样品采集,每个大棚 5 个样点。在每个样点采 3 钻土样混合后取 1 个样,按每 20 cm 一层取样,采样深度达 180 cm,每个土样 1 kg 左右,装入塑料袋密封标记,土样风干后测定土壤速效磷和速效钾的含量及电导率。

1.2.2 测定项目及方法 土壤速效磷含量用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法测定;土壤速效钾含量用 1 mol/L NH₄OAc 浸提-火焰光度法测定;土壤电导率测定前先将土样按 *m*(土):*V*(水)为 1:5 浸提,然后用 DDS~LLA 型电导仪测定^[9]。

1.3 数据处理

采用 EXCEL 与 SAS 软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限大棚菜地土壤速效磷含量的垂直分布

表 2 显示,调查区 0~180 cm 土层露天菜地与大棚菜地土壤速效磷含量变化幅度很大,为 0.62~585.41 mg/kg,其中 0~20 cm 土层土壤速效磷含量为 32.53~585.41 mg/kg,20~40 cm 土层土壤速效磷含量为 7.44~72.81 mg/kg,40~180 cm 土

层土壤速效磷含量较低,为 0.62~45.77 mg/kg。随着土层深度的增加,无论露天菜地还是不同种植年限的大棚菜地,其土壤速效磷含量均表现出相似的变化趋势,即 0~20 cm 土层土壤速效磷含量远远高于 20~180 cm 土层;0~60 cm 土层土壤速效磷含量大幅下降;60~180 cm 土层土壤速效磷含量均较低,且土壤速效磷含量随土层深度增加变幅较小,但仍然表现为下降趋势。这是由于蔬菜地每年大量施用磷肥和有机肥,而施入的磷肥和有机肥主要集中在耕层土壤,因此造成 0~20 cm 土层土壤速效磷大量积累。

表 2 不同种植年限菜地的土壤速效磷含量(n=15)

Table 2 Soil available P content of different cultivation ages(n=15)

土层深度/cm Soil layer	露天菜地 Open vegetable field	3 年大棚菜地 3 years greenhouse	10 年大棚菜地 10 years greenhouse	14 年大棚菜地 14 years greenhouse
0~20	255.59±10.42 b	32.53±2.41 a	387.33±25.21 c	585.41±12.32 d
20~40	49.72±2.48 b	7.44±0.62 a	47.90±3.94 b	72.81±8.66 c
40~60	45.77±2.97 c	2.85±0.39 a	37.14±3.87 b	44.50±2.64 c
60~80	10.94±0.39 b	2.63±0.13 a	11.36±0.50 b	32.40±1.60 c
80~100	5.54±0.12 b	1.12±0.05 a	6.32±0.21 b	17.23±0.46 c
100~120	10.71±0.16 c	1.88±0.09 a	5.54±0.36 b	12.11±0.80 c
120~140	6.08±0.53 c	1.71±0.12 a	3.33±0.07 b	9.81±0.93 c
140~160	4.41±0.26 b	1.44±0.05 a	2.58±0.22 ab	8.21±0.90 c
160~180	4.32±0.30 c	0.62±0.01 a	2.83±0.12 b	3.54±0.09 c

注:同行数据后标相同小写字母表示差异不显著($P>0.05$),标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:Data within a column with the same letters indicate nonsignificant difference($P>0.05$),and the different letters indicate the significant difference($P<0.05$). The same with the following table.

从表 2 可以看出,大棚菜地种植年限越长,各土层土壤速效磷积累越多。在 0~20 cm 土层,3,10,14 年大棚菜地土壤速效磷含量分别为 32.53,387.33和 585.41 mg/kg,10 年和 14 年大棚菜地土壤速效磷含量是 3 年大棚菜地的 12 和 18 倍;在 20~180 cm 土层,不同种植年限大棚菜地土壤速效磷含量变化趋势与 0~20 cm 土层类似。在同一土层,3 个不同种植年限大棚菜地土壤速效磷含量的差异基本都达到显著水平。表明多年种植使大棚菜地土壤累积了大量的速效磷,且土壤速效磷的累积效应不仅表现在表层土壤,而且深层土壤也有相似的表现。有研究表明,蔬菜地长期大量施用有机肥可以降低土壤对磷素的吸附量,也在一定程度上增加了磷的迁移能力;当土壤磷素处于过饱和状态时,灌溉尤其是大水漫灌势必会增加土壤磷素的渗漏率^[10]。本研究结果也证明了这一观点。

此外,与种植 17 年的露天菜地相比,无论在 0~20 cm 表层还是 20~180 cm 深层土壤,大棚菜地土壤都积累了更多的速效磷(表 2)。这主要是由于大

棚菜地复种指数高、肥料施用量比露天菜地高所致。

2.2 不同种植年限大棚菜地土壤速效钾含量的垂直分布

表 3 显示,在调查区 0~180 cm 土层,土壤速效钾含量为 52.9~212.3 mg/kg。露天菜地 0~20,20~40 和 40~60 cm 土层土壤速效钾含量分别为 212.3,196.8,133.4 mg/kg;60~180 cm 土层土壤速效钾含量为 102.2~109.0 mg/kg。可知露天菜地表层土壤速效钾含量高于下层土壤;0~60 cm 土层土壤速效钾含量随土壤深度的增加而减少,60~180 cm 土层土壤速效钾含量趋于平稳。3,10,14 年大棚菜地 0~20 cm 土层土壤速效钾含量均较低,分别为 67.4,56.4,54.6 mg/kg;在 0~40 cm 土层,3 年和 10 年大棚菜地的土壤速效钾含量随土层深度的增加而增大,土壤速效钾含量在 60~180 cm 土层变幅不大;14 年大棚菜地土壤速效钾含量在 0~180 cm 土层无明显变化。新疆第 2 次土壤普查资料表明,土壤速效钾含量为 150~300 mg/kg^[11],调查区 3,10,14 年大棚菜地表层土壤速效钾含量明显低于普查结果,表明经过

多年的种植,土壤钾被明显消耗,这与张炎等^[12]对新疆农田养分的调查结果一致。

表 3 不同种植年限菜地的土壤速效钾含量 (n=15)

Table 3 Soil available K content of different cultivation ages (n=15) mg/kg

土层深度/cm Soil layer	露天菜地 Open vegetable field	3 年大棚菜地 3 years greenhouse	10 年大棚菜地 10 years greenhouse	14 年大棚菜地 14 years greenhouse
0~20	212.3±10.0 b	67.4±6.8 a	56.4±5.7 a	54.6±5.7 a
20~40	196.8±9.8 c	89.2±3.8 b	69.9±11.1 a	59.4±9.3 a
40~60	133.4±6.8 c	150.0±3.9 c	91.7±8.4 b	52.9±5.2 a
60~80	102.2±6.3 b	129.8±4.1 c	101.4±2.5 b	58.2±3.6 a
80~100	105.1±3.4 b	134.8±2.6 c	122.4±2.4 bc	53.5±4.2 a
100~120	105.3±5.0 b	155.3±5.6 c	127.8±3.8 bc	68.3±4.8 a
120~140	102.5±3.8 b	124.2±6.2 c	124.0±3.2 c	72.8±3.6 a
140~160	109.0±3.5 b	129.9±3.2 c	125.7±3.4 c	72.6±5.3 a
160~180	106.7±3.5 b	103.8±5.7 b	99.4±2.6 ab	80.1±3.4 a

从表 3 可以看出,随着种植年限增加,相同深度土层土壤速效钾含量呈逐渐减少的趋势。种植年限对 0~20 cm 土层土壤速效钾含量无显著影响,而对 20~180 cm 土层土壤速效钾含量的影响都达到了显著水平,其中在 40~80 cm 土层,土壤速效钾含量在 3 个种植年限菜地之间的差异均达到了显著水平,而随着土壤深度的进一步增加,3 年与 10 年大棚菜地土壤速效钾含量差异不显著,但基本上均显著高于 14 年大棚菜地。表明在调查区内种植年限对表层土壤速效钾含量的影响并不明显,而对 20 cm 以下土层有显著影响。这是由于当地栽培模式中除了有机肥中的钾之外,并未进行其他钾肥的施

用,而蔬菜作物对钾素的吸收较多,从而使土壤钾处于不断被消耗的状态。同时,深达 180 cm 土层的土壤速效钾含量都存在不断下降的趋势,表明随着种植年限的增加,钾素有向下迁移的趋势,这与刘兆辉等^[7]的研究结果一致。

2.3 不同种植年限大棚菜地土壤电导率的垂直分布

研究表明,土壤电导率与土壤盐分含量有显著的相关关系,电导率越大,含盐量越高^[13-14]。因此,本研究采用土壤浸提液的电导率表征土壤盐分含量的状况,结果见表 4。

表 4 不同种植年限菜地土壤的电导率 (n=15)

Table 4 Soil electrical conductivity of different cultivation ages (n=15) mS/cm

土层深度/cm Soil layer	露天菜地 Open vegetable field	3 年大棚菜地 3 years greenhouse	10 年大棚菜地 10 years greenhouse	14 年大棚菜地 14 years greenhouse
0~20	2.79±0.14 c	0.28±0.01 a	0.69±0.01 b	0.52±0.01 b
20~40	1.35±0.09 c	0.19±0.00 a	0.45±0.01 b	0.42±0.01 b
40~60	1.04±0.05 c	0.26±0.01 a	0.48±0.01 b	0.44±0.01 b
60~80	0.75±0.02 b	0.25±0.00 a	0.37±0.00 ab	0.46±0.01 b
80~100	0.61±0.01 b	0.27±0.00 a	0.30±0.00 a	0.43±0.01 ab
100~120	0.75±0.02 b	0.31±0.00 a	0.31±0.00 a	0.48±0.01 ab
120~140	0.56±0.01 a	0.33±0.02 a	0.43±0.02 a	0.51±0.01 a
140~160	0.70±0.02 b	0.31±0.01 a	0.40±0.01 a	0.56±0.02 ab
160~180	0.61±0.01 b	0.35±0.01 a	0.42±0.01 a	0.46±0.00 a

表 4 显示,在调查区 0~180 cm 土层土壤电导率为 0.19~2.79 mS/cm。露天菜地 0~20 cm 土层土壤电导率为 2.79 mS/cm,在 0~80 cm 土层土壤电导率随土壤深度的增加而大幅下降,80~180 cm 土层土壤电导率的变化趋于平缓。大棚菜地土壤电导率为 0.19~0.69 mS/cm,在 0~180 cm 土层变化幅度较小。在同一土层,与露天菜地相比,大棚菜地土壤电导率明显低于露天菜地,表明露天菜地更为明显地显现出次生盐渍化,这与一些相关研究的结论有着明显的不同^[3,15]。究其原因,是由于调查区

气候极端干旱,露天菜地的裸露土壤蒸发更为强烈;此外,露天菜地仅仅夏天种植,灌溉时期短,而大棚菜地长年复种,灌溉次数多,多次漫灌起到了洗盐与控盐的作用。

从表 4 可以看出,随种植年限的增加,各相同深度土层土壤电导率基本呈上升趋势。在 0~80 cm 土层,10 年与 14 年大棚菜地土壤电导率高于 3 年大棚菜地,但 10 年与 14 年大棚菜地土壤电导率无显著差异;在 80~180 cm 土层,不同种植年限大棚菜地土壤电导率无显著差异,表明种植 10 年以上的

大棚菜地在 0~60 cm 土层土壤中存在明显的盐分积累,而随着种植年限的进一步增加,0~180 cm 土层盐分有进一步积累的趋势。

3 结论与讨论

本研究中,在 0~180 cm 土层,大棚菜地土壤速效磷含量呈明显的上高下低型垂直分布,并随土层深度的增加而大幅下降。调查区 10 年和 14 年大棚菜地 0~20 cm 土层土壤速效磷含量明显高于 3 年大棚菜地,表明随种植年限的增加大棚菜地表层土壤速效磷大量积累,这与宋付朋等^[16]的研究结果一致。此外,有长期定位试验结果表明,即使在富含碳酸钙的石灰性土壤中,在配施有机肥料条件下,土壤磷素下移的数量也是不容忽视的^[17-18]。本研究中,在 0~180 cm 土层,土壤速效磷含量随种植年限增加而增大的趋势间接证明了这一现象。土壤中大量积累的磷素势必通过地表径流或水土流失进入河流和湖泊,导致地表水体的富营养化,同时也是资源的一种浪费。因此,大棚菜地合理施用磷肥的问题值得关注。

本研究中,在 0~180 cm 土层,大棚菜地土壤速效钾含量变化幅度较小,其中在表层(0~20 cm)含量稍低。调查区 3 个不同种植年限的大棚菜地 0~60 cm 土层土壤速效钾含量处于不同程度的亏缺状态,并随种植年限增加,这种亏缺效应逐渐延伸到深层土壤。究其原因除了受土壤性质影响外,还与钾肥用量偏低有关。蔬菜作物需钾量较大,并且存在奢侈吸收的现象,每年要从土壤中带走大量的钾,如果不及时适量地补充钾肥势必影响土壤钾的供应,导致蔬菜减产,品质下降,且易发生病虫害^[19]。

本研究中,调查区大棚菜地土壤电导率为 0.19~0.69 mS/cm,在 0~180 cm 土层变化较为平缓。种植 17 年的露天菜地更为明显地显现出次生盐渍化现象。随着种植年限的增加,大棚菜地 0~60 cm 土层土壤电导率显著提高。因此,大棚菜地次生盐渍化仍是需要密切关注的问题。

本研究仅对调查区菜地土壤速效磷、速效钾以及盐分状况进行了调查,对于养分累积或迁移的过程与机理、盐分的种类和迁移规律,以及相应的优化措施等还需要深入的研究与探讨。

[参考文献]

[1] 黄锦法,曹志洪,李艾芬,等. 稻麦轮作改为保护地菜田土壤肥力质量的演变 [J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(1):19-25.

Huang J F,Cao Z H,Li A F,et al. Soil fertility quality evolution after land use change from rice-wheat rotation to plastic film covered vegetable [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2003,9(1):19-25. (in Chinese)

[2] 王 辉,董元华,李德成,等. 不同种植年限大棚蔬菜地土壤养分状况研究 [J]. 土壤,2005,37(4):460-462.

Wang H,Dong Y H,Li D C,et al. Nutrient variation in plastic greenhouse soils with the years of cultivation [J]. Soil,2005,37(4):460-462. (in Chinese)

[3] 党菊香,郭文龙,郭俊炜,等. 不同种植年限蔬菜大棚土壤盐分累积及硝态氮迁移规律 [J]. 中国农学通报,2004,20(6):189-191.

Dang J X,Guo W L,Guo J W,et al. Study of the regularity of the salt accumulation of topsoil and NO₃-N migration in greenhouse soil and years of vegetables cultivation [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2004,20(6):189-191. (in Chinese)

[4] Akinremi O O,Campbell C A,Jame Y W,et al. Simulating nitrogen dynamics and nitrate leaching using LEACHm mode [M]. Canada,Swift Current;SK. Pub 1,1993.

[5] 王朝辉,宗志强,李生秀,等. 蔬菜的硝态氮累积及菜地土壤的硝态氮残留 [J]. 环境科学,2002,23(3):79-83.

Wang Z H,Zong Z Q,Li S X,et al. Nitrate accumulation in vegetables and its residual in vegetable fields [J]. Environmental Science,2002,23(3):79-83. (in Chinese)

[6] 王金辉,柳 勇,蒙辉远,等. 集约化露天菜地表层土壤盐分累积特征及消长规律 [J]. 生态环境,2008,17(4):1624-1629.

Wang J H,Liu Y,Meng H Y,et al. Accumulation characteristics and seasonal variation of surface soil salts in open vegetable fields under intensive vegetable production [J]. Ecology and Environment,2008,17(4):1624-1629. (in Chinese)

[7] 刘兆辉,江丽华,张文君. 氮、磷、钾在设施蔬菜土壤剖面中的分布及移动研究 [J]. 农业环境科学学报,2006,25(增刊):537-542.

Liu Z H,Jiang L H,Zhang W J,et al. N,P,K distributions and movement in soils for greenhouse and outdoor field [J]. Journal of Agro-Environment Science,2006,25(Suppl):537-542. (in Chinese)

[8] 史春余,张夫道,张俊清,等. 长期施肥条件下设施蔬菜地土壤养分变化研究 [J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(4):437-441.

Shi C Y,Zhang F D,Zhang J Q,et al. Change of soil nutrients under greenhouses under longterm fertilization condition [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2003,9(4):437-441. (in Chinese)

[9] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.

Bao S D. Chemical analysis of agricultural soil [M]. 3th ed. Beijing:China Agriculture Press,2000. (in Chinese)

[10] 王新军,廖文华,刘建玲. 菜地土壤磷素淋失及其影响因素 [J]. 华北农学报,2006,21(4):67-70.

Wang X J,Liao W H,Liu J L. Phosphorus leaching from vegetable fields and impact factors [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica,2006,21(4):67-70. (in Chinese)