

西藏主要河谷农区套复种多熟种植研究初探

次仁央金^{1,2}, 李 军¹

(1. 西北农林科技大学农学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 西藏农牧学院, 西藏 林芝 860000)

摘 要: 根据西藏主要河谷农区夏闲地及其资源现状, 利用多年旬积温和旬降水量, 从热量和水分两方面评价夏闲地开发利用的可能性, 以拉萨和山南地区为代表区域。结果表明: 在冬麦区多熟作物组合 86 种, 其积温参数变幅为 2 000~4 750℃, 平均为 3 475.1℃, 需水参数变幅为 456~744 mm, 平均值为 636 mm; 冬春麦兼种区, 多熟作物组合有 23 种, 其积温参数变幅为 2 050~3 850℃, 平均为 2 778.7℃, 需水参数的变幅为 446~580 mm, 平均值为 528 mm。拉萨冬小麦/箭舌豌豆种植比例试验表明, 66%:33% 种植比例产量和水分利用率表现最优; 拉萨和山南乃东县春青稞间、套作箭舌豌豆、马铃薯、玉米试验中, 粮食产量套作方式比单作、间作方式表现好, 以春青稞/马铃薯和春青稞/玉米为优, 饲草饲料产量单作方式优于间、套作方式。

关键词: 西藏; 河谷农区; 夏闲地; 资源利用

中图分类号: S344.13 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)04-0105-09

西藏主要河谷农区地处“一江两河”流域的雅鲁藏布江中游河谷地带, 属高原温带半干旱季风气候区。该区域主要包括拉萨市、山南地区和日喀则地区的部分等 14 个县(区), 总人口占西藏总人口的 21.6%, 河谷海拔在 3 200~3 600 m, 耕地面积近 6 万 hm², 土质相对肥沃, 可以自流灌溉, 有效灌溉率 73.6%, 粮食平均单产 6 822 kg/hm², 粮食总产 31.72 万 t, 是西藏粮食主产区。限于传统农作习惯和自然资源条件制约, 西藏河谷农区粮食生产以春青稞栽培为主, 有部分冬小麦、冬青稞和少量的春小麦栽培, 因而盛行夏季休闲。该区复种指数仅为 103%, 夏闲地面积达 4.5 万 hm²。夏闲期长达 60~110 d, 光照强烈, 雨热同季, 降水量占全年降水量的 70%, >0℃ 积温占全年积温的 42%。近年来, 该区人地矛盾日渐突出, 种植业以粮食作物为主, 饲料短缺, 农牧结合受到限制, 粮、经、饲争地矛盾加剧^[1]。实行套复种多熟种植开发利用夏闲地, 能显著提高农田资源利用率, 可促进种植业结构调整, 缓解粮、经、饲的争地矛盾, 实现农牧结合的跨越式发展。

1 夏闲期农业气候资源状况

1.1 夏闲期日数

山南乃东县平均初霜日是 10 月 17 日, 6 月下旬~7 月上旬收获冬青稞, 7 月下旬~8 月上旬收获冬小麦。拉萨初霜日是 9 月 23 日, 一般 7 月下旬~8 月上旬收获冬小麦。据此推算, 西藏中部主要农

区夏闲期长达 60~110 d。在 14 个县中, 曲水县、贡嘎县、乃东县、加查县和扎囊县为高值区, 夏闲期日数约 110 d 左右, 仁布和江孜 60~70 d。夏闲期日数从雅鲁藏布江河谷南部向中南部、中西部、西部依次递减。

1.2 夏闲期太阳辐射量和日照时数

据有关资料显示, 拉萨夏闲期太阳总辐射量约为 274 KJ/cm²·月, 占全年的 35%, 日照时数为 684.5 h, 日喀则为 712.8 h, 山南为 708.9 h, 分别占全年平均日照时数的 22.8%、23.8%、23.6%^[2]。

1.3 夏闲期积温

根据 1985~2000 年旬平均温度计算^[6], 拉萨夏闲期积温变幅为 1 219~1 307℃, 平均积温 1 287.9℃, 占全年>0℃ 积温的 44.1%, 且属于>10℃ 积温, 平均最高气温为 27℃ 左右。山南夏闲期积温变幅为 1 221~1 368℃, 平均积温为 1 322.5℃, 占全年>0℃ 积温 42.4%, 平均最高气温达 18.7℃。夏闲期积温总体上也表现出从雅鲁藏布江河谷南部向中南部、中西部、西部依次递减。

1.4 夏闲期降水量

根据 1985~2000 年的旬降水计算^[3], 拉萨夏闲期降水量变幅为 200.8~406.2 mm, 平均降水量为 308.2 mm, 占全年降水量的 72.3%。山南夏闲期降水量变幅为 219~371.4 mm, 平均降水量为 279.4 mm, 占全年降水量的 71.9%。

由上述可知, 西藏主要河谷农区夏闲期气候资源能满足部分短生育粮食和饲料作物生长发育, 大

力发展套复种植制度,利用夏闲期的水、热、光照资源,将会在一定程度上提高农田资源利用率。

2 多熟种植水热可能性分析

2.1 热量状况分析

热量状况是决定能否发展多熟种植和开发夏闲地的首要条件。

2.1.1 多熟种植作物组合积温参数 根据西藏中部主要农区作物品种类型和所需积温值^[4],以及各种轮作模式,计算西藏河谷农区可能的多熟作物组合所需积温参数(表 1、2)。在计算多熟种植作物组

合积温参数时,特作如下规定:

(1) 西藏中部河谷农区的热量资源属于两熟不足,一熟有余,从东南到中南向西愈显不足。由于传统农作方式习惯和技术落后,多熟种植中套作和移栽技术较少。在多熟种植中主作物主要是冬小麦和冬青稞,也有春播作物,如春青稞、油菜、豌豆、马铃薯等。为了表达上的方便,特作如下符号规定:

- 直播复种 / 套种共生期 20 d
- // 套种共生期 20~40 d
- /// 套种共生期 40~60 d
- //// 套种共生期 60~80 d ⊕ 移栽

表 1 西藏主要河谷农区冬麦区多熟作物组合模式积温参数

Table 1 Accumulated temperature parameters of multiple cropping patterns on winter wheat region of river valley areas in Tibet

多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	活动积温(℃) Active accumulated temperature	多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	活动积温(℃) Active accumulated temperature
冬小麦/玉米(早) Winter wheat/maize (early)	3800	冬青稞/玉米(早) Winter barley/maize (early)	3500
冬小麦/玉米(中) Winter wheat/maize (middle)	4300	冬青稞/玉米(中) Winter barley/maize (middle)	4000
冬小麦//玉米(早) Winter wheat//maize (early)	3600	冬青稞//玉米(早) Winter barley//maize (early)	3300
冬小麦//玉米(中) Winter wheat//maize (middle)	4100	冬青稞//玉米(中) Winter barley//maize (middle)	3800
冬小麦///玉米(早) Winter wheat///maize (early)	3300	冬青稞///玉米(早) Winter barley///maize (early)	3000
冬小麦///玉米(中) Winter wheat///maize (middle)	3800	冬青稞///玉米(中) Winter barley///maize (middle)	3500
冬小麦⊕玉米(中) Winter wheat⊕maize (middle)	4000	冬青稞///玉米(中) Winter barley///maize (middle)	3300
冬小麦—玉米(早) Winter wheat—maize (early)	4250	冬青稞⊕玉米(中) Winter barley⊕maize (middle)	3700
冬小麦—玉米(中) Winter wheat—maize (middle)	4750	冬青稞—玉米(早) Winter barley—maize (early)	3950
冬小麦/大豆(早) Winter wheat/soybean (early)	3800	冬青稞—玉米(中) Winter barley—maize (middle)	4150
冬小麦/大豆(中) Winter wheat/soybean (middle)	3900	冬青稞/大豆(早) Winter barley/soybean (early)	3500
冬小麦//大豆(早) Winter wheat//soybean (early)	3600	冬青稞/大豆(中) Winter barley/soybean (middle)	3600
冬小麦//大豆(中) Winter wheat//soybean (middle)	3700	冬青稞//大豆(早) Winter barley//soybean (early)	3300
冬小麦///大豆(早) Winter wheat///soybean (early)	3300	冬青稞//大豆(中) Winter barley//soybean (middle)	3400
冬小麦///大豆(中) Winter wheat///soybean (middle)	3400	冬青稞///大豆(早) Winter barley///soybean (early)	3000
冬小麦—大豆(早) Winter wheat—soybean (early)	4250	冬青稞///大豆(中) Winter barley///soybean (middle)	3100
冬小麦—大豆(中) Winter wheat—soybean (middle)	4350	冬青稞—大豆(早) Winter barley—soybean (early)	3950
冬小麦/马铃薯(早) Winter wheat/potato (early)	3200	冬青稞—大豆(中) Winter barley—soybean (middle)	4050

续表 1

多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	活动积温(℃) Active accumulated temperature	多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	活动积温(℃) Active accumulated temperature
冬小麦/马铃薯(中) Winter wheat/potato (middle)	3500	冬青稞/马铃薯(早) Winter barley/potato (early)	2900
冬小麦//马铃薯(早) Winter wheat//potato (early)	3000	冬青稞/马铃薯(中) Winter barley/potato (middle)	3200
冬小麦//马铃薯(中) Winter wheat//potato (middle)	3300	冬青稞//马铃薯(早) Winter barley//potato (early)	2700
冬小麦///马铃薯(早) Winter wheat///potato (early)	2700	冬青稞//马铃薯(中) Winter barley//potato (middle)	3000
冬小麦///马铃薯(中) Winter wheat///potato (middle)	3000	冬青稞///马铃薯(早) Winter barley///potato (early)	2400
冬小麦—马铃薯(早) Winter wheat—potato (early)	3650	冬青稞///马铃薯(中) Winter barley///potato (middle)	2700
冬小麦—马铃薯(中) Winter wheat—potato (middle)	3950	冬青稞—马铃薯(早) Winter barley—potato (early)	3350
冬小麦⊕马铃薯(中) Winter wheat⊕potato (middle)	3200	冬青稞—马铃薯(中) Winter barley—potato (middle)	3650
冬小麦/甜菜 Winter wheat/beet	3600	冬青稞⊕马铃薯(中) Winter barley⊕potato (middle)	2900
冬小麦//甜菜 Winter wheat//beet	3400	冬青稞//甜菜 Winter barley//beet	3100
冬小麦///甜菜 Winter wheat///beet	3100	冬青稞///甜菜 Winter barley///beet	2800
冬小麦/箭舌豌豆 Winter wheat/vetch	2800	冬青稞/箭舌豌豆 Winter barley/vetch	2500
冬小麦//箭舌豌豆 Winter wheat//vetch	2600	冬青稞//箭舌豌豆 Winter barley//vetch	2300
冬小麦///箭舌豌豆 Winter wheat///vetch	2300	冬青稞///箭舌豌豆 Winter barley///vetch	2000
冬小麦—箭舌豌豆 Winter wheat—vetch	3250	冬青稞—箭舌豌豆 Winter barley—vetch	2950
冬小麦—油菜 Winter wheat—rape	3450	冬青稞—油菜 Winter barley—rape	3150
冬小麦—豌豆 Winter wheat—pea	3550	冬青稞—豌豆 Winter barley—pea	3250
冬小麦—蚕豆 Winter wheat—broad bean	4150	冬青稞—蚕豆 Winter barley—broad bean	3850
冬小麦—荞麦 Winter wheat—buckwheat	3350	冬青稞—荞麦 Winter barley—buckwheat	3050
冬小麦—玉米(早)→冬麦 Winter wheat—maize (early)→winter wheat	4750	冬青稞—玉米(早)→冬麦 Winter barley—maize (early)→winter wheat	4450
冬小麦—箭舌豌豆→冬麦 Winter wheat—vetch→winter wheat	3750	冬青稞—箭舌豌豆→冬麦 Winter barley—vetch→winter wheat	3450
冬小麦—油菜→冬麦 Winter wheat—rape→winter wheat	3950	冬青稞—油菜→冬麦 Winter barley—rape→winter wheat	3650
冬小麦—豌豆→冬麦 Winter wheat—pea→winter wheat	4050	冬青稞—豌豆→冬麦 Winter barley—pea→winter wheat	3750
冬小麦—蚕豆→冬麦 Winter wheat—broad bean→winter wheat	4650	冬青稞—蚕豆→冬麦 Winter barley—broad bean→winter wheat	4350
冬小麦—荞麦→冬麦 Winter wheat—buckwheat→winter wheat	3850	冬青稞/甜菜 Winter barley/rape	3300

注:表中(早)、(中)表示早熟、中熟品种类型,下表同。
Note: The (early) and (middle) mean early and middle ripe varieties. It is the same in the following table.

(2) 根据冬青稞播种到成熟所需的积温(1 550~1 950℃) 减去返青到成熟所需积温 (1 350~1 550℃),得到冬青稞冬前积温为 300~400℃,冬后所需积温平均值为 1 450℃,在西藏冬青稞普遍早熟于冬小麦^[4]。根据拉萨和日喀则试验资料^[5],冬

小麦所需>0℃ 积温平均值为 2 250℃,从播种到越冬前有>0℃ 积温 250~400℃,这里规定冬前所需积温平均为 335℃,其冬后所需积温平均值为 1 915℃。

表 2 西藏主要河谷农区冬春麦兼种区多熟作物组合模式积温参数

Table 2 Accumulated temperature parameters of multiple cropping patterns on winter and spring wheat mixed region of river valley areas in Tibet			
多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	活动积温(℃) Active accumulated temperature	多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	活动积温(℃) Active accumulated temperature
春青稞/玉米(早) Spring barley/maize (early)	3050	春青稞—蚕豆(青贮) Spring barley—broad bean (silage)	3400
春青稞//玉米(早) Spring barley//maize (early)	2850	春青稞—豌豆 Spring barley—pea	2800
春青稞///玉米(中) Spring barley///maize (middle)	3050	春青稞—油菜 Spring barley—rape	2700
春青稞////玉米(中) Spring barley////maize (middle)	2850	豌豆—马铃薯(中) Pea—potato (middle)	3150
春青稞—玉米(早) Spring barley—maize (early)	3500	豌豆—荞麦 Pea—buckwheat	2550
春青稞/马铃薯(早) Spring barley/potato (early)	2450	豌豆—油菜 Pea—rape	2650
春青稞//马铃薯(早) Spring barley//potato (early)	2250	豌豆—春青稞 Pea—Spring barley	2800
春青稞///马铃薯(中) Spring barley///potato (middle)	2250	油菜—蚕豆 Rape—broad bean	3250
春青稞////马铃薯(中) Spring barley////potato (middle)	2050	豌豆//玉米(早) Pea//maize (early)	2800
春青稞///大豆(早) Spring barley///soybean (early)	2550	豌豆///玉米(早) Pea///maize (early)	2500
春青稞/箭舌豌豆 Spring barley/vetch	2050	春青稞—马铃薯(早) Spring barley—potato (early)	2900
春青稞—箭舌豌豆 Spring barley—vetch	2500		

(3) 移栽争取积温 600℃,套种共生期 10~20 d 积温以 300℃ 计,套种共生期 20~40 d 的以 500℃ 计,套种共生期 40~60 d 以 800℃ 计,套种共生期 60~80 d 以 1 000℃ 计。

(4) 考虑西藏生产技术和传统习俗,规定农耗积温:在一年两熟套复种作物后种植冬小麦、冬青稞的轮作模式计 150℃。

(5) 多熟作物组合积温均以>0℃ 积温表示,对于冬麦套复种植方式,副作物生长期一般在≥10℃ 的积温范围内,>0℃、≥10℃ 的作物组合积温数值相等。

(6) 多熟种植作物组合积温求算公式:冬麦区套复种作物后种植冬小麦轮作模式积温计算公式为^[6]:

$$MDt = \sum Ct + (n - 1) Ft - Rt \quad (1)$$

春麦区所有套复种作物组合积温计算公式:

$$MDt = \sum Ct + (n - 1) Ft - Rt + Gt \quad (2)$$

(1) 和(2) 式中, MDt 为多熟作物组合所需的积温; Ct 为多熟作物组合中各种作物完成生育周期所需的积温; Ft 为复种农耗积温; Rt 为套种共生期积温; Gt 为保障晚秋作物成熟附加积温; n 为多熟作物组合的作物个数。

由表 1 可知,冬麦区多熟作物组合模式 86 种,其积温变幅为 2 000~4 750℃,平均为 3 475.1℃,直接复种或套种最低限 2 000℃,复、套种粮食作物成熟最低限为 2 400℃。从表 2 可知,冬春麦兼种区多熟作物组合模式有 23 种,其积温变幅为 2 050~3 850℃,平均为 2 778.7℃,直播复种或套种最低限

2 050℃,复、套种粮食作物成熟最低限为 2 050℃。

2.1.2 主要河谷农区多熟种植的积温可能范围

依据 1961~2000 年多年旬平均积温值,拉萨地区>0℃积温 2 540~3 406℃,平均为 2 914.83℃。该辖区内的达孜县为 2 890℃、城关区为 2 911℃、堆龙德庆县为 2 925℃、曲水县为 2 980℃,积温都高于冬麦区多熟作物组合最低积温参数 2 000℃,高于冬、春麦兼种区的多熟作物组合最低积温参数 2 050℃,除了喜温作物的套复种,都能正常成熟;山南地区≥0℃积温在 2 728~3 632℃,平均为 3 117.05℃,该辖区内的乃东县为 3 057℃、贡嘎县为 3 000℃、扎囊县为 3 020℃、琼结县为 2 925℃、桑日县为 2 990℃、曲松县为 3 000℃、加查县为 3 218℃,都远高于冬麦区多熟作物组合最低积温参数 2 000℃,高于冬春兼种区多数作物组合积温参数平均值 2 778℃;日喀则地区≥0℃的积温 2 566.4℃,江孜县为 2 130.4℃,持续 261.2 d,也超出冬春兼种区多熟作物组合积温参数最低值。从≥10℃的积温来看,拉萨 2 116.9℃,持续 148.9 d;山南地区的扎囊县为 2 032.1℃、贡嘎县为 2 397.6℃、乃东县为 2 057.1℃、加查县为 2 350.7℃,都在冬春兼种区多熟作物组合积温参数的最低值以上。

因此,单独从积温角度,主要农区的 14 个代表县都可以实行多熟种植开发夏闲地。山南地区热量资源好的几个县完全可以直播复种,适当选用喜温作物;对于热量条件较差的县,可以实行套种技术和移栽技术,选用喜凉的短生育期作物或复种绿肥、饲料和蔬菜等。

2.2 水分状况分析

热量条件足以多熟的地区,水分状况决定了多熟种植的程度。

2.2.1 多熟作物组合需水量参数 多熟作物组合需水参数明显大于一熟,但作物对水分的利用比单一种植时较为经济,多熟作物组合的耗水量并非各种作物理论耗水的累加,而是小于其算术累加值,而且套种共生期不同,对水分需要量也不同,一般共生期越长,耗水量之和越小^[6]。为此,特作如下规定:

(1) 多熟作物组合中作物各自需水量的算术累加值为表观需水量(C_m),以此为基础,根据不同套复种方式进行水分订正^[6],根据有关文献和试验结果,设定水分订正系数,复种为 0.95,套种共生期 10~20 d 为 0.93,套种共生期 20~40 d 的为 0.90,套种共生期 40~60 d 的为 0.87,套种共生期 60~80 d 的为 0.85,移栽的为 0.80,可得出多熟作物组合需

水量计算公式:
复种需水量:

$$STD_m = 0.95 \sum_{i=1}^n C_m \quad (n = 2, 3, \dots)$$

套种需水量:

$$RTD_{m1} = 0.93 \sum_{i=1}^n C_m \quad (n = 2, 3, \dots)$$

(共生期 10~20 d)

$$RTD_{m2} = 0.90 \sum_{i=1}^n C_m \quad (n = 2, 3, \dots)$$

(共生期 20~40 d)

$$RTD_{m3} = 0.87 \sum_{i=1}^n C_m \quad (n = 2, 3, \dots)$$

(共生期 40~60 d)

$$RTD_{m4} = 0.85 \sum_{i=1}^n C_m \quad (n = 2, 3, \dots)$$

(共生期 60~80 d)

(2) 在一年两熟套复种作物后种植冬小麦、冬青稞的多熟作物组合轮作模式中,冬小麦和冬青稞的耗水量值只计算生育期耗水量的 70%,其余 30%的耗水量从上一个轮作年份获得。

根据西藏主要作物生育期所需的降水量,以下面有关规定求算多熟作物组合所需水参数,并列于表 3、4。以冬播作物为主作物的多熟作物组合需水量变幅为 456~744 mm,平均值为 636.0 mm。一年两熟的最低限为 503 mm,平均值 645.6 mm。以春播作物为主作物的多熟作物组合需水量的变幅为 446~580 mm,平均值为 528 mm,即一年两熟的最低限为 446 mm。

2.2.2 主要河谷农区多熟种植的水分可能范围

限于 80%保证率的降水量值获取困难,本研究仅以 1961~2000 年的多年旬降水量进行计算。拉萨年降水量 229~796 mm,平均为 425 mm,拉萨从降水角度难以满足多熟作物组合需求;山南年降水量 222~639 mm,平均为 537 mm,只能满足少部分一年两熟的需要。所以在某种程度上,西藏主要河谷农区开发利用夏闲地,温度不是主要的限制因子,而水分是限制因素。然而西藏是灌溉农区,没有灌溉就没有农业,多熟种植中更离不开通过灌溉补充水分需求。以 14 个县为代表的主要河谷农区,有效灌溉面积约为 5 万 hm^2 ,春麦灌溉次数为 5~7 次,冬麦为 7~9 次。从水分供应上看,6~9 月份地表水最富余,完全可以补充灌溉以满足多熟种植对水分的需要。

表 3 西藏主要河谷农区冬麦区多熟作物组合需水参数

Table 3 Water requirements of multiple cropping patterns on winter wheat region of river valley areas in Tibet					
多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	表观需水量 Theoretic water requirement (mm)	实际需水量 Actual water requirement (mm)	多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	表观需水量 Theoretic water requirement (mm)	实际需水量 Actual water requirement (mm)
冬小麦/玉米(早) Winter wheat/maize (early)	770	716.1	冬青稞/玉米(早) Winter barley/maize (early)	620	576.6
冬小麦//玉米(早) Winter wheat//maize (early)	670	603	冬青稞//玉米(早) Winter barley//maize (early)	620	558
冬小麦///玉米(早) Winter wheat///maize (early)	670	582.9	冬青稞///玉米(早) Winter barley///maize (early)	620	539.4
冬小麦///玉米(中) Winter wheat///maize (middle)	700	609	冬青稞///玉米(中) Winter barley///maize (middle)	650	565.5
冬小麦⊕玉米(中) Winter wheat⊕maize (middle)	565	636.8	冬青稞⊕玉米(中) Winter barley⊕maize (middle)	530	503.5
冬小麦┐玉米(早) Winter wheat┐maize (early)	670	636.5	冬青稞┐玉米(早) Winter barley┐maize (early)	620	589
冬小麦/马铃薯(早) Winter wheat/potato (early)	750	697	冬青稞/马铃薯(早) Winter barley/potato (early)	700	651
冬小麦/马铃薯(中) Winter wheat/potato (middle)	800	744	冬青稞/马铃薯(中) Winter barley/potato (middle)	750	697.5
冬小麦//马铃薯(早) Winter wheat//potato (early)	750	675	冬青稞//马铃薯(早) Winter barley//potato (early)	700	630
冬小麦//马铃薯(中) Winter wheat//potato (middle)	800	720	冬青稞//马铃薯(中) Winter barley//potato (middle)	750	675
冬小麦///马铃薯(早) Winter wheat///potato (early)	750	652	冬青稞///马铃薯(早) Winter barley///potato (early)	700	609
冬小麦///马铃薯(中) Winter wheat///potato (middle)	800	696	冬青稞///马铃薯(中) Winter barley///potato (middle)	750	652.5
冬小麦┐马铃薯(早) Winter wheat┐potato (early)	750	712.5	冬青稞┐马铃薯(早) Winter barley┐potato (early)	700	665
冬小麦/甜菜 Winter wheat/beet	800	744	冬青稞/甜菜 Winter barley/beet	750	697.5
冬小麦//甜菜 Winter wheat//beet	800	720	冬青稞//甜菜 Winter barley//beet	750	675
冬小麦///甜菜 Winter wheat///beet	800	696	冬青稞///甜菜 Winter barley///beet	750	652.5
冬小麦/箭舌豌豆 Winter wheat/vetch	774	719.8	冬青稞/箭舌豌豆 Winter barley/vetch	724	673.3
冬小麦//箭舌豌豆 Winter wheat//vetch	774	696.6	冬青稞//箭舌豌豆 Winter barley//vetch	724	651.6
冬小麦///箭舌豌豆 Winter wheat///vetch	774	673.4	冬青稞///箭舌豌豆 Winter barley///vetch	724	629.9
冬小麦┐箭舌豌豆 Winter wheat┐vetch	774	735	冬青稞┐箭舌豌豆 Winter barley┐vetch	724	687.8
冬小麦┐油菜 Winter wheat┐rape	750	712.5	冬青稞┐油菜 Winter barley┐rape	700	665
冬小麦┐豌豆 Winter wheat┐pea	750	712.5	冬青稞┐豌豆 Winter barley┐pea	700	665
冬小麦┐蚕豆 Winter wheat┐broad bean	750	712.5	冬青稞┐蚕豆 Winter barley┐broad bean	700	665
冬小麦┐荞麦 Winter wheat┐buckw heat	650	617.5	冬青稞┐荞麦 Winter barley┐buckw heat	600	570

续表 3

多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	表观需水量 Theoretic water requirement (mm)	实际需水量 Actual water requirement (mm)	多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	表观需水量 Theoretic water requirement (mm)	实际需水量 Actual water requirement (mm)
冬小麦—玉米(早)→冬麦 Winter wheat—maize (early) →winter wheat	535	508.3	冬青稞—玉米(早)→冬麦 Winter barley—maize (early) →winter wheat	500	475
冬小麦—箭舌豌豆→冬麦 Winter wheat—vetch→winter wheat	639	607.1	冬青稞—箭舌豌豆→冬麦 Winter barley—vetch→winter wheat	604	573.8
冬小麦—油菜→冬麦 Winter wheat—rape→winter wheat	615	584.3	冬青稞—油菜→冬麦 Winter barley—rape→winter wheat	580	551
冬小麦—豌豆→冬麦 Winter wheat—pea→winter wheat	615	584.3	冬青稞—豌豆→冬麦 Winter barley—pea→winter wheat	580	551
冬小麦—蚕豆→冬麦 Winter wheat—broad bean →winter wheat	615	584.3	冬青稞—蚕豆→冬麦 Winter barley—broadad bean →winter wheat	580	551
冬小麦—荞麦→冬麦 Winter wheat—buckwheat →winter wheat	515	489.3	冬青稞—荞麦→冬麦 Winter barley—buckwheat →winter wheat	480	456

表 4 西藏主要河谷农区冬春麦兼种区多熟作物组合需水量参数
Table 4 Water requirements of multiple cropping patterns on winter wheat
and spring wheat mixed region of river valley areas in Tibet

多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	表观需水量 Theoretic water requirement (mm)	实际需水量 Actual water requirement (mm)	多熟作物组合模式 Multiple cropping patterns	表观需水量 Theoretic water requirement (mm)	实际需水量 Actual water requirement (mm)
春青稞/玉米(早) Spring barley/maize (early)	520	483.6	春青稞—豌豆 Spring barley—pea	600	570
春青稞//玉米(早) Spring barley//maize (early)	520	468	春青稞—油菜 Spring barley—rape	600	570
春青稞///玉米(中) Spring barley///maize (middle)	550	478.5	豌豆—马铃薯(中) Pea—potato (middle)	600	570
春青稞////玉米(中) Spring barley////maize (middle)	550	467.5	豌豆—荞麦 Pea—buckwheat	500	475
春青稞—玉米(早) Spring barley—maize (early)	520	494	豌豆—油菜 Pea—rape	600	570
春青稞/马铃薯(早) Spring barley/potato (early)	600	558	豌豆—春青稞 Pea—spring barley	600	570
春青稞//马铃薯(早) Spring barley//potato (early)	600	540	豌豆//玉米(早) Pea//maize (early)	520	468
春青稞///马铃薯(中) Spring barley///potato (middle)	650	565.5	豌豆///玉米(早) Pea///maize (early)	520	452.4
春青稞/箭舌豌豆 Spring barley/vetch	624	580.3	油菜—蚕豆 Rape—broad bean	600	570
春青稞—蚕豆(青贮) Spring barley—broad bean (silage)	600	570	芜根—豌豆 —pea	550	522.5
芜根—玉米(早) —maize (early)	470	446.5	芜根—箭舌豌豆 —vetch	574	545.3

3 多熟种植开发夏闲地的试验验证

至今西藏主要的多熟种植模式是粮饲型的套复种模式,并且依然存在一作多熟模式(混作方式)。

目前各种模式的水分利用状况方面研究报道较少。笔者于 2006 年在拉萨和山南进行冬小麦套种箭舌豌豆种植比例试验和春青稞间作套作玉米、马铃薯和箭舌豌豆试验,以了解主副作物的产量水平和水

分利用情况。本数据分析结果仅是一年的试验结果,不具有普遍性。结果分析如下:

在拉萨冬小麦/箭舌豌豆种植比例试验中,用 SPASS 软件对冬小麦的产量和箭舌豌豆生物产量进行方差分析,结果见表 5。冬小麦产量分析中,33%冬小麦/66%箭舌豌豆分别与 66%冬小麦/33%箭舌豌豆和 100%冬小麦(对照)种植比例呈显著差异,33%冬小麦/66%箭舌豌豆的种植比例产量仅为 1 301.23 kg/hm²,低于其它三个处理,66%冬小麦/33%箭舌豌豆种植比例表现较好。箭舌豌豆干草产量分析,仅 66%冬小麦/33%箭舌豌豆与 100%箭舌豌豆种植比例之间有差异。结果说明:同一作物组合不同种植比例,对粮食作物和饲料作物产量有一定的影响,饲草作物的产量 33%冬小麦/66%箭舌豌豆最差,单作饲料最好,如果以冬小麦产量为主,则 66%冬小麦/33%箭舌豌豆比例配置表现最好。本试验结果与 2004 年金涛、桑布、刘国一、韦泽秀等在西藏自治区农科所、山南地区、日喀则进行冬小麦套种箭舌豌豆种植比例试验一致,他们的试验结果表明:冬小麦以不同比例套种箭舌豌豆中 66%冬小麦密度所获得产量最高,为 535 g/m²[7]。

在山南和拉萨春青稞间作、套作玉米、箭舌豌豆和马铃薯试验中,不同种植方式下对箭舌豌豆生物产量用 SPASS 软件进行方查分析,结果如表 6。可知,山南箭舌豌豆干草产量,对照单作(CKv)、套作(SB/V)和间作(SB∥V)的种植方式之间差异显著,且达到极显著水平;不同种植方式之间鲜草产量差异显著,而且对照与间作之间差异达到极显著水平。

表 6 山南、拉萨箭舌豌豆生物产量

Table 6 Fresh weight and dry matter of vetch at Lhoka and Lhasa							
处理 Treatments		平均产量 Mean yield (kg/hm ²)		标准误差 Std. error		显著性 Sig. 0.01	
		山南 Lhoka	拉萨 Lhasa	山南 Lhoka	拉萨 Lhasa	山南 Lhoka	拉萨 Lhasa
干草 DM	SB∥V	1962.50	6562.50	269.91	1157.52	A	A
	SB/V	2400.00	2604.17	8.66	104.17	B	A
	CKv	3625.44	25437.50	92.54	734.32	C	B
鲜草 FRW	SB∥V	9000.00	13508.33	144.34	3457.96	A	A
	SB/V	12400.00	40854.17	57.74	8218.72	AB	B
	CKv	12896.67	52454.17	147.23	1476.67	B	B

注:表中 SB∥V、SB/V、CKv 分别代表春青稞间作箭舌豌豆、春青稞套作箭舌豌豆、箭舌豌豆对照处理缩写;不同大写字母代表处理间在 0.01 水平有差异。
Note: SB∥V, SB/V and CKv mean the abbreviations of spring barley intercropping with vetch, spring barley interplanting with vetch and control of vetch respectively. The different capital letters mean significant difference at 0.01 level.

对不同作物组合多熟种植方式春青稞产量进行方差分析,结果见表 7。可知,在山南青稞套玉米

拉萨箭舌豌豆干草产量分析,对照单作分别与间作、套作方式之间差异显著,并且达到极限著水平,对照干草产量达 25 437.50 kg/hm²;不同种植方式之间鲜草产量差异显著,并且间作方式分别与单作和套作达到极显著水平,间作鲜草产量仅为 13 508.33 kg/hm²,单作鲜草产量高达 52 454.17 kg/hm²。从饲草产量看,总体单作表现优越,但间、套作能提供一定的饲料产量。

表 5 拉萨不同种植方式冬小麦与箭舌豌豆产量分析

Table 5 Yield analysis of winter wheat and vetch of different cropping patterns in Lhasa				
处理 Treatments		平均数 Mean yield (kg/hm ²)	标准误差 Std. error	显著性 Sig. 0.05
冬小麦 Winter wheat	33%	1301.23	211.20	b
	50%	2302.62	185.24	ab
	66%	2751.14	246.94	a
	100%	2579.30	599.93	a
箭舌豌豆干重 Dry matter weight of vetch	33%	562.68	101.59	ab
	50%	466.81	46.63	ab
	66%	315.08	84.01	b
	100%	846.49	213.46	a

注:冬小麦 33%、50%、66%代表种植比例处理分别与箭舌豌豆 66%、50%、33%处理一致;冬小麦 100%和箭舌豌豆 100%为对照;不同字母的处理间在 0.05 水平上有差异,表 7 同。

Note: 33%、50% and 66% of winter wheat mean the treatment of planting proportion is the same as that of 66%, 50% and 33% of vetch. 100% of winter wheat and 100% of vetch are served as controls. The different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level. The same as table 7.

(SB/M)分别和青稞套马铃薯(SB/P)、青稞间作玉米(SB∥M)多熟作物组合青稞产量之间差异显著;

结果表明:青稞套玉米的青稞产量表现最好,达到 10 328.9 kg/hm²,青稞间作马铃薯(SB ∥ P)次之,青稞间作箭舌豌豆(SB ∥ V)第三,青稞套作箭舌豌豆(SB/V)第四,青稞间作玉米最差。在拉萨青稞单作、青稞间作马铃薯种植方式都与青稞套作玉米、青稞套作箭舌豌豆、青稞套作马铃薯、青稞间作玉米差

异显著,并且与青稞套作马铃薯差异达到极显著水平;总体水平,青稞套作马铃薯的青稞产量最高,达 9 220 kg/hm²,青稞套作玉米次之,产量为 8 424 kg/hm²,青稞套作箭舌豌豆居第三,青稞间作玉米为第四,单作产量水平最低,产量为 5 539 kg/hm²。

表 7 山南、拉萨不同作物组合多熟制青稞产量分析
Table 7 Spring barley yield in different cropping patterns in Lhoka and Lhasa

处理 Treatments	平均数 Mean yield (kg/hm ²)		标准误差 Std. Error		显著性 Sig. 0.05	
	山南 Lhoka	拉萨 Lhasa	山南 Lhoka	拉萨 Lhasa	山南 Lhoka	拉萨 Lhasa
SB/M	10328.99	8424.97	440.97	636.82	b	bc
SB ∥ V	8746.32	7213.76	1193.88	133.46	ab	ac
SB/V	8678.66	8406.23	915.97	701	ab	bc
SB/P	7361.67	9220.74	1351.24	108.32	a	b
SB ∥ P	9100.84	6946.42	321.58	440.63	ab	a
SB ∥ M	7314.53	8115.75	472.21	587.1	a	bc
CKsb	8204.26	5539.84	850.64	102.16	ab	a

注:表中 M、P 分别为玉米和马铃薯缩写。
Note: M and P mean abbreviations of maize and potato.

由上述分析可知,(1) 同一作物组合不同种植比例,对粮食作物和饲料作物产量有一定的影响。以冬小麦产量为主,则 66%冬小麦/33%箭舌豌豆比例配置表现最好,高于单作小麦产量;从饲草产量看,单作饲料最好,但 66%冬小麦/33%箭舌豌豆和 50%冬小麦/50%箭舌豌豆比例配置也能提供客观的饲料作物;同时不同种植比例水分利用率计算表明,对照单作冬小麦和 66%冬小麦/33%箭舌豌豆降水利用率最高。(2) 不同作物组合多熟种植方式中,由于各种主客观因素,结果较复杂。两地总体上表明:青稞产量以青稞套玉米表现最好,产量为 8 424 kg/hm²(拉萨)~10 328.9 kg/hm²(山南)、青稞套作马铃薯次之,达 7 361.67 kg/hm²(山南)~9 220 kg/hm²(拉萨)、青稞套作箭舌豌豆居第三,为 8 406.23 kg/hm²(拉萨)~8 678.66 kg/hm²(山南),均比单作青稞产量高;饲料作物箭舌豌豆产量单作表现优越,但间、套作方式能提供一定的饲料产量。说明通过适宜的种植比例、适当的作物组合实行套复种发展多熟制,有利于提高粮食单产,提高农田资源利用率,同时提供客观的饲料作物,增加土地生产力。

总之,西藏主要河谷农区夏闲期水、热、光能资源能够满足部分短生育期粮食和饲料作物的生长发育,这将在本区发展套复种多熟种植制的最有利依据。从水热可能性分析看,在某种程度上,本区发

展套复种多熟种植制,温度不是主要的限制因子,而水分是限制因素。然而西藏是灌溉农区,没有灌溉就没有农业,多熟种植中更离不开通过灌溉补充水分需求,并且在夏秋季节是主要河谷农区水热同季时期,灌溉水较充足。从生产实践看,发展适宜的套复种种植制有利于提高粮食单产,提高农田资源利用率,同时提供客观的饲料作物,增加土地生产力,有利于解决粮饲矛盾,促进农区畜牧业的协调发展,从而促进西藏农村经济的发展。有关这方面的研究,还有待进行更加系统、深入地探讨。

参 考 文 献:

[1] 马兴林,李 征,邓坤枚,等. 西藏中部地区种植业生产现状与发展对策[J]. 中国农业资源与区划,2001,22(1):38—40.

[2] 胡颂杰. 西藏农业概论[M]. 成都:四川科学技术出版社,1995. 452—453.

[3] 颜士华. 科技与农业的结合是西藏种植结构调整的重要途径[J]. 西藏农业科技,2000,22(4):29—35.

[4] 周顺武,假拉,杜 军. 近 42 年西藏高原雅鲁藏布江中游夏季气候趋势和突变分析[J]. 高原气象,2001,20(1):71—75.

[5] 贺伟程. 西藏日江专区河谷地区农田灌溉中几个问题的探讨[J]. 中国农业科学,1964,(4):19—23.

[6] 李 军. 黄土高原地区种植制度研究[M]. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2004.

[7] 刘国一. 西藏中部农区冬小麦套种箭舌豌豆研究[J]. 西藏农业科技,2005,27(1):27—30.

(英文摘要下转第 120 页)

Optimization of nutritional ration for *Ipomoea aquatica* Forsk growth based on the water quality of Yinchuan plain

LI Jian-she^{1,2}, CHENG Zhi-hui¹, LIU Ju-lian², SUN Quan²

(1. College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

Abstract: The comprehensive effects of $\text{NO}_3^- - \text{N}$, P, K and Ca concentrations on growth of *Ipomoea aquatica* Forsk were studied by means of quadratic general rotational design under Deep Flow Technique(DFT) culture in energy saving greenhouse. The results calculated from regression equation between yield and the four element concentrations showed that the contribution to yield of *Ipomoea aquatica* Forsk was in the order of nitric-N($\text{NO}_3^- - \text{N}$) > potassium (K) > phosphorus(P) > calcium (Ca). The interaction effect on yield between N and K was found significant which appeared in a positive correlation at lower level concentration and in a negative correlation at higher level concentration. The optimal ration of N, P, K and Ca for highest yield of individual *Ipomoea aquatica* Forsk (108.81 g) was calculated by computer to be 9.0, 0.5, 4.5 and 4.0 mmol/L, respectively. The verification experiment showed that the growth, root vigor, yield, nutrient content and quality of *Ipomoea aquatica* Forsk in the optimized nutrient ration were all excelled those of the control.

Key words: *Ipomoea aquatica* Forsk; DFT; nutrient solution; model

(上接第 113 页)

Exploitation and utilization of summer fallow farmland on main river valley areas in Tibet

TSE REN Yang Jin^{1,2}, LI Jun¹

(1. Nothwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Agriculture and Animal Husbandry of Tibet, Linzhi, Tibet 860000, China)

Abstract: According to the present situation of agricultural resources and summer fallow land on mainriver valley areas in Tibet, it is climatically possible for summer fallow land to implement perennial cropping system in thermal and moisture conditions, using perennial accumulated temperature and rainfall in ten days. Lhasa and Lhoka regions locate in main field in middle river valley areas of Tibet. The analytical results show: As for the 86 types of perennial cropping patterns in winter wheat areas, the range of accumulated temperature is from 2 000°C to 4 750°C, mean accumulated temperature is 3 475.1°C. The change of rainfall in this region is from 456 to 744 mm, average rainfall is 636 mm While there are 23 patterns in winter and spring wheat mixed planting areas, their range of accumulated temperature is from 2 050°C to 3 850°C, mean accumulated temperature is 2 778.7°C. The change of rainfall is from 446 to 580 mm, the average rainfall is 528 mm. Results in the field experiments of this areas for summer fallow farmland in 2006 showed that the optimum cropping ratio of winter wheat intercropping common vetch in Lhasa was 66% to 33%; spring barley intercropping maize was an optimum cropping patterns in spring barley intercropping maize, potato and common vetch in Lhasa and Shannan. But spring barley intercropping common vetch had higher economic value in three cropping patterns in Shannan region. Forage yield of sole cropping is higher than intercropping with grain.

Key words: Tibet; river valley area; summer fallow farmland; thermal and water resources