

枣棉间作中利用光合数据筛选棉花种植模式

潘献涛, 万素梅

(塔里木大学植物科学学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘 要: 相关研究表明, 用光合速率可以较好地模拟测算作物经济产量。为全面快捷高效地筛选出更高效更
适合南疆推广的枣棉间作棉花种植模式, 以不同的行间距并结合差异化灌水对枣棉间作环境下的棉花进行处理,
以此产生的不同光热环境为基础, 建立叶片水平的净光合速率分析图。利用净光合速率折线图, 结合使用棉花整
个生长季实测的叶片相关生理数据, 对所建图示进行比较。结果发现, M3(距红枣行 0.5 m 种植棉花, 枣行间种 6
行棉花)、W3(按 350 m³·667m⁻²灌水)处理的净光合速率与大田棉花的净光合速率相似度最高。两者相交, M3W3
处理的净光合速率平均值也最大, 最终产量也最高, 符合实验设想。由本试验结果可以看出, 利用净光合速率能提
前预计作物的经济产量, 节约研究时间, 在枣棉间作种植生产中, 可以筛选出更好的棉花种植模式。

关键词: 枣棉间作; 种植模式; 光合数据

中图分类号: S344.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)05-0079-05

Selection of planting mode of cotton in intercropping with
jujube based on photosynthetic data

PAN Xian-tao, WAN Su-mei

(College of Plant Science, Tarim University, Alar, Xinjiang 843300, China)

Abstract: Related studies showed that the photosynthetic rate could be used to simulate the economic output of
crops. In order to select highly efficient and suitable planting mode of cotton in intercropping with jujube in south Xin-
jiang, the experiment was conducted with different row spacing and different irrigation quota for cotton in jujube/cotton
intercropping system. The net photosynthetic rate (P_n) of cotton leaves under different light and thermal environments
was analyzed, and other related physiological parameters were also measured, so as to compare them with each other by
drawing broken line figures. The results showed that, under the treatments of M3 (6 rows of cotton in each strip, and
0.5 m of spacing between jujube and cotton) and W3 (irrigation quota: 350 m³·667m⁻²), the P_n of cotton was most
similar to that of sole-cropping cotton; under the combined treatment of M3W3, the average P_n of cotton was the largest,
and the yield was the highest. Therefore, P_n can be used for predicting the economic yield of cotton and for selecting the
planting mode of cotton in jujube/cotton intercropping system.

Keywords: jujube/cotton intercropping; planting mode of cotton; photosynthetic data

南疆可开垦土地资源日渐匮乏^[1],加之人口的
不断增加,农、林、牧之间争地矛盾不断加剧^[2],如何
提高单位土地面积的产出成为南疆农业发展亟待解
决的问题。能够在时间和空间上提高土地利用率的
农林间作生态复合系统开始出现,这对种植作物修
复和持续发挥土地生产力具有重要的生态实用价
值。合理的间作可以使间作作物有效的配合光、热、
水、气等气候因子之间的效能^[3-4],产生互补效应,

增加作物整体的经济效益^[5]。

枣棉间作是最近几年才大规模应用的一种间作
模式,主要在南疆地区。随着生产的不断深入,对于
枣棉间作的研究也取得了长足的进步,主要集中于
枣棉间作不同处理对枣树的影响^[6-7]或者棉株生育
生理指标的差异性分析上,在对枣棉间作棉花最优
种植模式的研究和探索上尚属空白。

基于上述的情况,本试验着眼于枣棉间作棉花

收稿日期:2013-04-17
基金项目:国家自然科学基金(31060181,31260309);国际合作项目(2011/0616/Cotton 002.)。
作者简介:潘献涛(1987—),男,河南人,在读研究生,研究方向为作物高产栽培理论与技术。E-mail: pbq1986@163.com。
通信作者:万素梅(1968—),女,新疆人,教授,博士,研究方向为旱区农业资源管理及高效农作制度。E-mail: wansumei510@163.com。

最优种植模式的探索工作,鉴于枣棉间作模式的复杂性、重复性,以及作物生长的周期性,若能通过其他数据提前判知枣棉间作棉花种植模式的产量和价值,必将大大减轻试验的任务量。而恰恰这里有一个基本的认识就是作物物质生产的 95% 是来自光合作用^[8],由此很自然地想到光合作用与产量的相关性,本试验即是通过枣棉间作下棉花不同的生育期的光合速率数据,筛选出最优光合组合。而结果也显示,光合最优组合的小区棉花也达到产量的最大值^[9],这也为枣棉间作中棉花种植模式的深入研究提供必要的技术理论支撑。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本试验地位于枣棉间作集中区阿克苏地区农一师十团试验田。该区属于温带大陆性气候,年日照时数 2 650 ~ 3 100 h,全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 3 800 $^{\circ}\text{C}$ ~ 4 700 $^{\circ}\text{C}$,年降雨量 50 ~ 70 mm。现有枣棉间作试验地 1 200 m²,参照地 600 m²(仅种植棉花)。

1.2 研究材料与试验设计

本试验选择塔里木盆地长期连作后退耕还林建立的具有代表性的幼龄(一年果枣树)枣园,枣树按株距 50 cm、行距 3 m 进行栽植。结合塔里木盆地种植业结构调整现状,在幼龄(一年果枣树)枣园间作棉花,在距离枣树 0.5 m、1 m、1.5 m 处(即在枣树 3 m 行距植 6 行、4 行、1 行棉花行)种植棉花行,棉花株距按照 10 ~ 15 cm 栽植。间作棉田,在行距三种处理的同时,交叉进行灌水量的四个设置,即在棉花红枣的整个生育期设置 250、300、350、400 m³ · 667m⁻² 灌水处理(红枣、棉花各灌一半水),其中 300 m³ · 667m⁻² 为常规灌水量(大田按此灌水量处理),且各个灌水量分八次平均灌溉,灌溉方式为滴灌。按照行距因子与灌水量因子随机结合的原则,设置等面积的 12 个小区。与此同时在相邻地块设置直播单作棉田,按照棉花的行距(大行距 55 cm、小行距 10 cm)、株距 10 ~ 15 cm 进行种植。

1.3 测定方法与内容

在间作棉田 12 个处理及单做直播棉田选取生长基本一致的叶片 3 片挂牌标记,五叶期(5 月 20 日—6 月 13 日)于 5 月 30 日从 08:00 到 20:00(每 2 h 测定 1 次,下同)用 LI-6400 光合仪第一次测定光合指标,盛花期(7 月 15 日左右)再次测定光合指标,吐絮期分别于 9 月 8 日和 9 月 26 日两次测定光合指标。最后将四次数据整理,进行数据分析。

1.4 数据处理

利用 Microsoft Excel 软件计算植株净光合速率的平均值并做折线图,利用软件 DPS7.05 进行制图。

2 结果与分析

2.1 不同行间距处理下棉花净光合速率的差异

经过综合求平均值,分别得出间作棉田四个生长时期(五叶期、盛花期、吐絮初期、吐絮期)不同行间距的净光合速率,做折线图。

间作棉田棉花在枣棉行间距 0.5 ~ 1.5 m 之间的情况下,整个生长期,净光合速率都随着行间距的缩小而增大,呈现不严格规则的负相关(见图 1 ~ 图 4)。行间距在 1.5 ~ 1 m 之间变化时,净光合速率增长迅速,在 1 ~ 0.5 m 行间距处理之间变化时,净光合速率增长变化不明显(见图 1、图 2、图 4);其中在盛花期,甚至出现不增长下降的趋势(图 2),侧面验证了棉花在盛花期,生长旺盛,枣棉出现了一定程度的遮荫。幼龄枣园中间作棉花,行间距在 1 m 到 0.5 m 之间,棉花的净光合速率值较高。而图 3,净光合速率则表现出相反的增长趋势,主要是棉花在吐絮初期,棉株营养生长逐渐停止,逐步进入完全生殖生长期,叶色由下而上陆续衰老变黄,光合能力降低,再加上间作的影响,出现了异常的增长趋势,至于间作行间距对棉花生理的影响还需要进一步的研究。

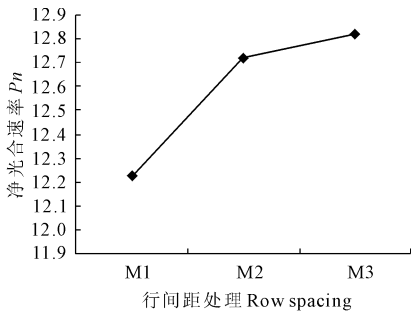


图 1 五叶期不同行间距处理棉花净光合速率(5 月 30 日)

Fig.1 The Pn of cotton at 5-leaves stage under different row spacing (May 30)

注:M1 是距红枣行 1.5 m 种植棉花;M2 是距红枣行 1 m 种植棉花;M3 是距红枣行 0.5 m 种植棉花。图 2、3、4 同。

Note: M1, M2 and M3 represent the spacing treatments of 1.5 m, 1m and 0.5 m between jujube and cotton, respectively. The same as fig.2, fig. 3, fig.4.

2.2 不同灌水量处理下棉花净光合速率的差异

利用 Excel 计算不同灌水处理净光合速率的平均值,做折线图。

间作棉田在棉花的整个生长期,净光合速率均

在 W3 处理($350\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$)出现明显的拐点(见图 5~图 8),达到或接近净光合速率的最大值,与直播棉田的灌水处理 $300\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 相比多了 $50\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$,符合作物生长需水规律。到了棉花生长的后期,棉株的营养生长停止,对水的需求降低,过多的水分供给,会加速土壤板结,影响棉株的蒸腾光合作用,出现光合作用降低的现象(见图 7、图 8),严重的甚至会造成棉花的减产。

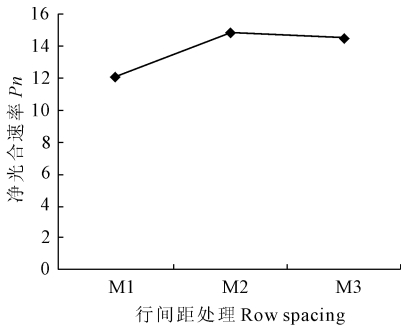


图 2 盛花期不同行间距处理棉花净光合速率(7 月 14 日)

Fig.2 The Pn of cotton at full bloom stage under different row spacing (July 14)

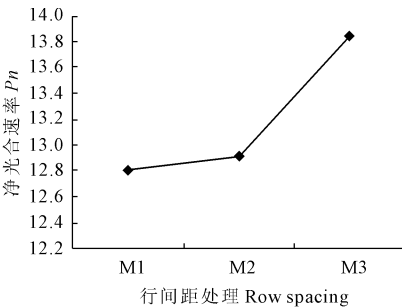


图 3 吐絮初期不同行间距处理棉花净光合速率(9 月 8 日)

Fig.3 The Pn of cotton at initial boll-opening stage under different row spacing (September 8)

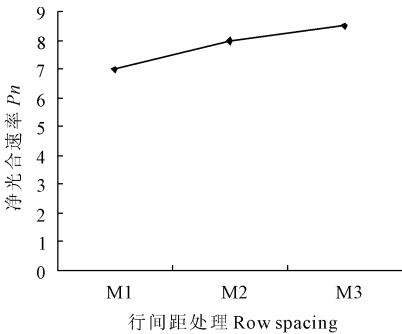


图 4 吐絮期不同行间距处理棉花净光合速率(9 月 26 日)

Fig.4 The Pn of cotton at boll-opening stage under different row spacing (September 26)

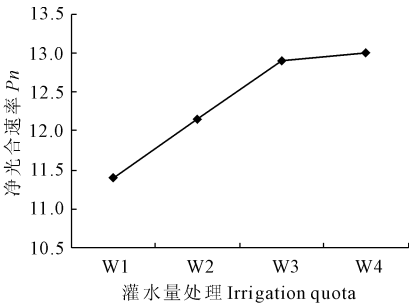


图 5 五叶期不同灌水量处理棉花净光合速率(5 月 30 日)

Fig.5 The Pn of cotton at 5-leaves stage under different irrigation quota (May 30)

注: W1 是小区按 $250\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 灌水; W2 是小区按 $300\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 灌水; W3 是小区按 $350\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 灌水; W4 是小区按 $400\text{ m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 灌水。图 6、7、8 同。

Note: W1, W2, W3 and W4 represent the irrigation treatments of 250, 300, 350 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ and 400 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$, respectively. The same as fig. 6, fig. 7, fig. 8.

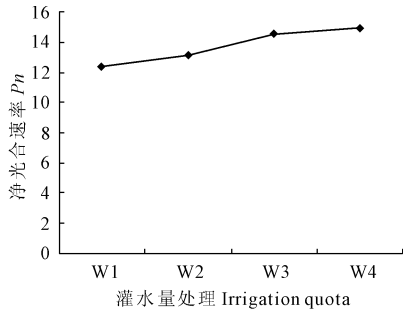


图 6 盛花期不同灌水量处理棉花净光合速率(7 月 14 日)

Fig.6 The Pn of cotton at full bloom stage under different irrigation quota (July 14)

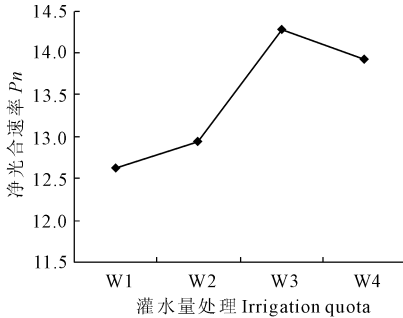


图 7 吐絮初期不同灌水量处理棉花净光合速率(9 月 8 日)

Fig.7 The Pn of cotton at initial boll-opening stage under different irrigation quota (September 8)

2.3 不同处理与大田棉花的净光合速率差异化分析

Excel 计算($\text{各处理的净光合速率平均值} - \text{大田棉花的净光合速率}$) $\div$ 大田棉花的净光合速率, DPS 做 Cell 柱状图。图 9~图 12 中,数值越大的,表明此间作处理下的棉田与直播单作棉田净光合速率

差异越大,反之亦然。

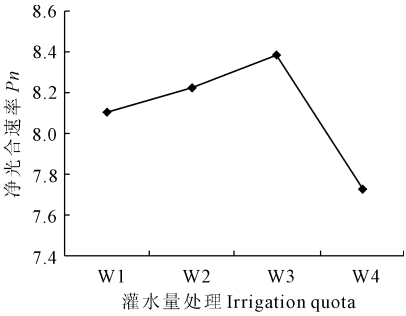


图 8 吐絮期不同灌水量处理棉花净光合速率(9 月 26 日)

Fig.8 The P_n of cotton at boll-opening stage under different irrigation quota (September 26)

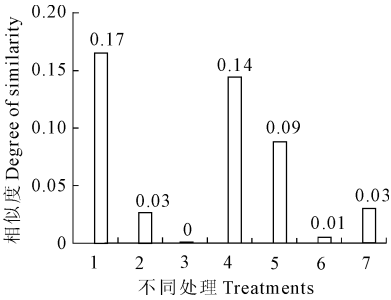


图 9 五叶期不同处理与大田棉花净光合速率关系示意图(5 月 30 日)

Fig.9 The relation between P_n of cotton under different treatments and that of sole-cropping cotton at 5-leaves stage (May 30)

注:1 是指 M1 处理,即距红枣行 1.5 m 种植棉花;2 是指 M2 处理,即距红枣行 1 m 种植棉花;3 是指 M3 处理,即距红枣行 0.5 m 种植棉花。4 是指 W1 处理,即小区按 $250\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 灌水;5 是指 W2 处理,即小区按 $300\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 灌水;6 是指 W3 处理,即小区按 $350\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 灌水;7 是指 W4 处理,即小区按 $400\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 灌水。图 10、11、12 同。

Note: 1(M1), 2(M2) and 3(M3) represent the spacing treatments of 1.5 m, 1 m and 0.5 m between jujube and cotton, respectively. 4(W1), 5(W2), 6(W3) and 7(W4) represent the irrigation treatments of $250\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$, $300\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$, $350\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$ and $400\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$, respectively. The same as fig.10, fig.11, fig.12.

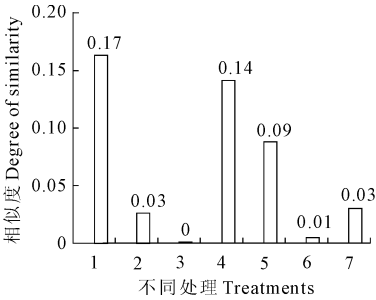


图 10 盛花期不同处理与大田棉花净光合速率关系示意图(7 月 14 日)

Fig.10 The relation between P_n of cotton under different treatments and that of sole-cropping cotton at full bloom stage (July 14)

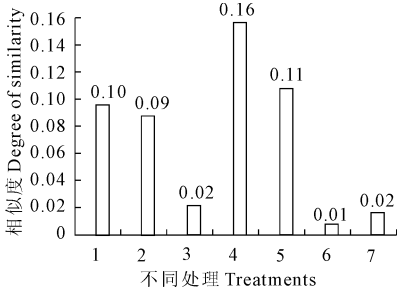


图 11 吐絮初期不同处理与大田棉花净光合速率关系示意图(9 月 8 日)

Fig.11 The relation between P_n of cotton under different treatments and that of sole-cropping cotton at initial boll-opening stage (September 8)

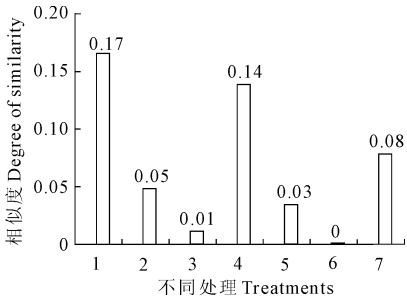


图 12 吐絮期不同处理与大田棉花净光合速率关系示意图(9 月 26 日)

Fig.12 The relation between P_n of cotton under different treatments and that of sole-cropping cotton at boll-opening stage (September 26)

通过观察图 9 ~ 图 12, W3 处理(灌水量 $350\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$)、M3 处理(距红枣行 0.5 m 种植棉花)棉花净光合速率与大田净光合速率相似度最高。其中, M3 处理棉花净光合速率与大田相近,也直接说明了在幼龄枣园(一年果)的环境中,距离红枣行 0.5 m 种植棉花,对棉花的光合作用影响不明显。在距红枣行 1.5 ~ 0.5 m 种植棉花,棉花的净光合速率与直播单作棉田越来越接近;灌水量在 $350\text{ m}^3\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 时,棉花的净光合速率与直播单作棉田最接近,之后又开始差异变大,说明灌水量过大或者过小,都不利于作物的生长。

2.4 三个最大值净光合速率棉花小区

在数据处理当中,出现了 M1W3、M2W4、M3W3 三个小区净光合速率值较大。最后经过测产,发现产量也较大,符合研究设想。见图 13。

3 讨论与结论

1) 枣棉间作不同行间距环境下棉花净光合速率。

枣棉行间距在 1.5 m、1 m、0.5 m 三种情况下,棉花的净光合速率随着行间距的减小而增大。按照间作一般规律,行间距较大,作物光合能力强,而对于棉花却相反,这主要是由于棉花的生长特性所决定的。特别是幼龄枣园,枣树树冠较小,枣棉行间距

1.5 m,棉花疯长严重,棉叶重叠交错,严重影响棉花的光合效能,出现棉花净光合速率偏低的情况。而行间距 0.5 m,一方面抑制了棉花的生长过旺,另一方面较多的棉株有效的扩大了棉花的采光面。

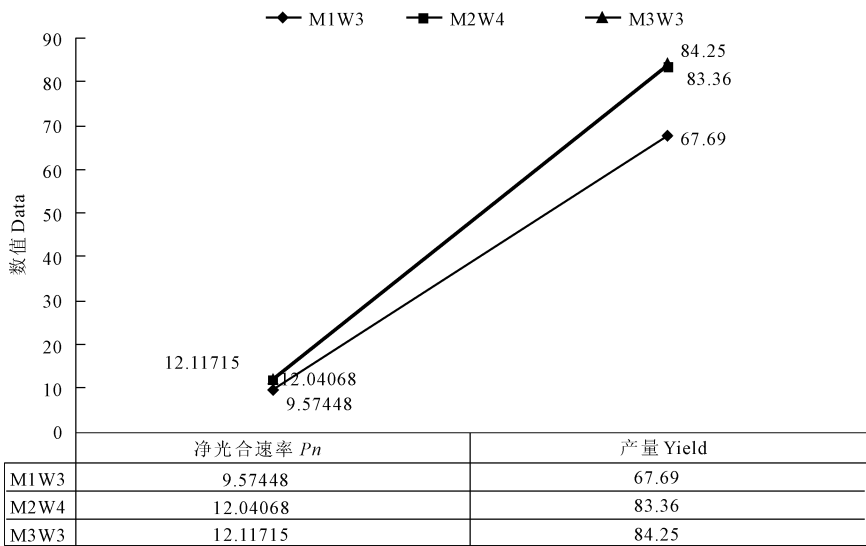


图 13 三个小区净光合速率与产量关系示意图

Fig. 13 The relation between P_n and yield of cotton in three plots

注:处理代码同图 9。 Note: The codes of treatments are the same as given in Fig. 9.

2) 枣棉间作不同灌水量处理棉花净光合速率。

枣棉间作灌水量在 250、300、350、400 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 四个处理中,在 350 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 的灌水情况下,净光合速率最接近大田环境。枣棉间作棉田与单作直播大田相比,需水量必然会增加,具体增加多少,之前的研究并未提及。本次试验表明,间作棉田 350 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 的灌水净光合速率最接近大田,比单作直播大田多了 50 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 。一年果的枣园间作棉花,灌水量过多或者过少,都不利于棉花光合作用^[10-12]。

3) 枣棉间作不同处理和单作大田棉花净光合速率的比较。

在一年果的幼龄枣园,枣树株型较小,需水不多,对棉花光照的影响有限。行间距较小(50 cm),对棉花的光合效能影响并不大,净光合速率接近单作大田;间作环境下灌水量在仅比单作大田多 50 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 的情况下,净光合速率便接近单作大田。在新建枣园,特别是一年果以内的枣园间作棉花,行间距不宜过大,灌水量也不宜过多。

4) 枣棉间作光合数据下的深入研究。

本试验通过三组行间距和四组灌水量处理,结合净光合速率的数据分析,可以判断灌水量在 350 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 时,最有利于枣棉间作环境下棉花的生

长,净光合速率值最拟合大田;而两种作物的行间距最优种植模式上,在本试验中体现为距枣树 50 cm 种植棉花。最终试验表明,灌水量在 350 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 、行间距 50 cm 产量^[13]最高。基于上述结论,我们会在接下来的一轮试验中,在枣棉间距 50 cm、灌水量在 350 $\text{m}^3\cdot 667\text{m}^{-2}$ 附近多设计几个梯度,来寻找更加精确,更加稳定的枣棉间作棉花种植模式。

参 考 文 献:

[1] 满苏尔·沙比提,陆吐布拉·依明.新疆南疆地区土地利用变化及其生态效应[J].地理科学,2011,31(4):59-65.
[2] 童玉芬.基于水资源承载量的新疆分区域人口压力分析[J].资源与环境,2006,16(5):82-86.
[3] 罗立.间作套种的作用与方法[J].农技服务,2008,25(7):37-41.
[4] 杨友琼,吴伯志.作物间套作种植方式间作效应研究[J].农艺科学,2007,23(11):192-197.
[5] 夏婵娟,史彦.枣棉间作的生态效应对棉花产量的影响[J].西安工程大学学报,2012,26(2):114-121.
[6] SU P X, LIU X M. Photosynthetic of linze in conditions of high temperature and irradiation[J]. Scientis Horticulture, 2005, 104(3):339-350.
[7] 丁松爽,苏培玺,严巧娣,等.不同间作条件下枣树的光合特性研究[J].干旱地区农业研究,2009,27(1):184-189.

Thunb.)研究认为,氮肥能促进百合营养体生长,可提高百合多糖的含量;后期叶面喷施钾肥百合多糖和总磷脂含量明显高于平均水平;磷肥对百合的磷脂含量提高有明显作用。施肥时应当注意调整肥料配比中钾肥、磷肥的比例。周日宝等^[19]对药用卷丹百合研究认为,不同施肥措施对百合中总皂苷元含量影响不同,其中以人畜粪尿 + 尿素 + 三元素复合肥 + 0.1% 钼酸铵进行施肥处理的百合中总皂苷元含量最高。

本研究结果显示,氮磷钾配合施用对旱地兰州百合产量和品质的影响十分明显。施用化肥可以使百合增产 3.2% ~ 36.1%,氮磷钾配施平均产量为 18 271.69 kg·hm⁻²,比对照 CK 增产 36.1%。PK、NK、NP 处理中,PK、NK 处理增产幅度大于 NP 处理。不同肥料配比对兰州百合品质的影响不同,氮磷钾配施可提高总糖、粗淀粉和粗蛋白含量,降低水溶性糖和粗纤维含量;PK、NK、NP 处理中,NP 处理总糖、粗淀粉含量降幅最大,说明钾肥对提高百合产量、总糖和粗淀粉含量的作用最大,这一结果与曲伟红^[18],周日宝^[19],黄伟^[10],赵欣楠^[11]等基本一致。PK、NK、NP 处理中,NK 处理水溶性糖含量降幅最大,磷肥对提高百合水溶性糖含量的作用最大。PK、NK、NP 处理中,PK 处理粗纤维和粗蛋白含量降幅最大,氮肥对提高百合粗纤维和粗蛋白含量的作用最大。PK、NK、NP 处理中,PK 处理可显著增加兰州百合鳞茎干生物量、氮、磷和钾养分累积量。因此,兰州百合生产过程中要重视磷钾肥的配施比例。

试验结果表明,不同肥料及其配比对兰州百合产量和品质的作用不同,生产上在重视产量的同时,还必须注意产品的品质,只有科学合理的将不同种类的化肥配方施用,才可以达到增产保优的目的。综合考虑,兰州百合生产中要“控施氮肥,增施磷钾肥”,改变农民传统的重施氮、磷肥,而轻施钾肥的旧有施肥习惯,示范推广测土配方施肥技术,提升兰州百合的产量和品质,促进产业发展。

参 考 文 献:

[1] 王生林,王明霞.兰州百合产业发展的思考与对策[J].甘肃农业大学学报,2003,37(1):82-87.

[2] 刘建常.兰州百合及其栽种[M].兰州:甘肃科学出版社,1998:2-9.

[3] 孔宪武.兰州植物通志[M].兰州:甘肃人民出版社,1958:220-221.

[4] 孙 羲.植物营养与肥料[M].北京:中国农业出版社,2001:42-122.

[5] 王朝梁,陈中坚,孙玉琴,等.不同氮磷钾配比施肥对三七生长及产量的影响[J].现代中药研究与实践,2007,21(1):5-7.

[6] 王 超,霍爱伟,王季槐.不同施肥配比对大豆生长的影响[J].山西农业大学学报,2007,27(5):22-24.

[7] 沙之敏,边秀举,郑 伟,等.最佳养分管理对华北冬小麦养分吸收和利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(5):1049-1055.

[8] 孙红梅,李天来,李云飞.兰州百合发育过程中植株及鳞茎内氮、磷、钾的吸收与分配规律[J].中国农学通报,2004,20(5):206-208.

[9] 黄 鹏.施肥对兰州百合植株生长及鳞茎产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2007,13(4):753-756.

[10] 黄 伟,张晓光,李文杰,等.施用钾肥对食用百合光合作用、产量和经济效益的影响[J].干旱地区农业研究,2009,27(3):163-167.

[11] 赵欣楠,黄 鹏,路 喆,等.施钾对兰州百合叶片抗旱性生理指标的影响[J].甘肃农业大学学报,2009,44(1):98-101.

[12] 林玉红.钾肥施用量对兰州百合生长、养分吸收及品质的影响[J].草业学报,2012,21(1):141-148.

[13] 鲍士旦.土壤农化分析(第三版)[M].北京:中国农业出版社,2000:263-271.

[14] 金继运,张 宁,梁鸣早,等.土壤养分状况系统分析法在土壤肥力研究及测土施肥中的应用[J].植物营养与肥料学报,1996,2(1):8-15.

[15] 林玉红,郭霞霞,罗俊杰,等.不同施氮水平对旱地兰州百合养分累积与氮肥利用的影响[J].草业学报,2011,20(2):101-108.

[16] 林玉红,罗俊杰.氮素对兰州百合产量、养分累积和品质的影响[J].草业学报,2011,20(5):223-230.

[17] 赵佐平,同延安,高义民,等.不同肥料配比对富士苹果产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2009,15(5):1130-1135.

[18] 曲伟红,周日宝,贺义舜,等.不同施肥处理对百合品质的影响[J].中药材,2005,28(2):79-81.

[19] 周日宝,高彦宁,童巧珍,等.不同施肥措施对百合中总皂苷元含量的影响[J].现代中药研究与实践,2007,22(2):9-12.

(上接第 83 页)

[8] 李少昆.关于光合速率与作物产量关系的讨论[J].石河子大学学报(自然科学版),1998,(S1):117-126.

[9] 张旺锋,王振林,余松烈,等.种植密度对新疆高产棉花群体光合作用、冠层结构及产量形成的影响[J].植物生态学报,2004,28(2):164-171.

[10] 冯海萍,柳伟祥,樊 明,等.不同灌水模式对春小麦灌浆期光合特性日变化的影响[J].农业科学研究,2008,29(1):62-64.

[11] 冯宗会,王小彬,代 快,等.不同水氮条件下冬小麦生育期 ND-VI 和光合速率的变化[J].中国土壤与肥料,2012,(2):31-37.

[12] 孟维伟,张永丽,马兴华,等.灌水时期和灌水量对小麦耗水特性和旗叶光合作用及产量的影响[J].作物学报,2009,35(10):1884-1892.

[13] 戴 路,何 翔.枣棉间作棉花产量情况调查分析[J].中国棉花,2007,34(12):32-33.