植物营养与肥料学报 2010,16(5):1086-1093
Plant Nutrition and Fertilizer Science

不同抗性小麦品种与蚕豆间作条件下的养分吸收与白粉病发生特征

乔 鹏[1,2], 汤 利[1*], 郑 毅[1*], 李少明[3]
(1 云南农业大学资源与环境学院,昆明 650201; 2 云南农业大学植物保护学院,昆明 650201;
3 云南农业大学农科实验教学中心,昆明 650201)

摘要: 不同作物品种的养分吸收存在一定差异,与其它作物间作也会对作物养分吸收以及作物病害产生影响。本文通过盆栽试验,选用6种对白粉病不同抗性的小麦品种(高抗: 云麦47、云麦53; 中抗: 云麦42、云麦51; 感病: 云选11-12、93-124)与蚕豆间作,研究了间作和单作条件下小麦的氮、磷、钾养分吸收特点及小麦白粉病的发生特征。结果表明: 高抗小麦品种间作生物量显著高于单作,云麦47、云麦53间作比单作生物量分别提高11.9%和6.6%; 间作显著增加小麦叶片内的氮含量,以高抗品种云麦47、云麦53和感病品种云选11-12增加最为显著,平均氮含量为单作的1.20～1.25倍; 间作有增加小麦灌浆和成熟期叶片磷含量的趋势,并显著增加拔节期小麦叶片内的钾含量,增幅为9.1%～22.3%; 间作降低了各抗性小麦品种白粉病的发生程度,相对防效为0.76%～81.49%; 灌浆期以云麦42、云麦53和93-124 3个品种的间作处理控病效果显著。

关键词: 小麦; 间作; 养分吸收; 抗病性; 白粉病
中图分类号: S512.1.047; S435.121.4+6　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X(2010)05-1086-08

Characteristics of nutrient uptakes and powdery mildew incidence of different resistant wheat cultivars intercropping with faba bean

QIAO Peng[1,2], TANG Li[1*], ZHENG Yi[1*], LI Shao-ming[3]
(*1 College of Resource and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;*
2 College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;
3 Experiment Teaching Center for Agriculture Specialty, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: Crop varieties are different in nutrient uptake, and nutrient uptake and disease incidence of crops are also influenced by intercropping. Pot experiments were carried out to investigate the characteristics of N, P and K uptake and powdery mildew incidence of different resistant wheat cultivars intercropping with faba bean. Six different powdery mildew resistant wheat cultivars (disease high resistant cultivars, YM47 and YM53; disease medium resistant cultivars, YM42 and YM51; sensitive cultivars, YX11-12 and 93-124) were intercropped with faba bean in this experiment. The results show that the biomasses of intercropped wheat cultivars with disease high resistant are significantly increased, the biomasses of YM47 and YM53 are increased by 11.9% and 6.6% in comparison with those of monocropping. Nitrogen contents of leaves of intercropped wheat cultivars with disease high resistant (YM47 and YM53) and sensitive (YX11-12) significantly are increased by 1.20-1.25 times in comparison with those of monocropping. The phosphous contents of wheat leaves are increased at the milky and ripening stages, and potassium content of wheat leaves significantly is increased by 9.1%-22.3% at the jointing stage under the intercropping. The incidences of wheat powdery mildew of all wheat cultivars are significantly decreased under the intercropping, the relative disease controlling effects are 0.76%-81.49%. The best disease controlling effects under

收稿日期: 2009-10-14　　**接受日期**: 2010-03-30
基金项目: "973"计划前期专项(2008CB117011); 国家自然科学基金(30860157,30460061); 公益性行业(农业)科研专项(200803030)资助。
作者简介: 乔鹏(1980—),男,山东泰安人,博士研究生,主要从事养分吸收规律与作物抗病性方面的研究。
E-mail: qiaopeng@mail.kib.ac.cn　　* 通讯作者 E-mail: ltang@ynau.edu.cn, yzheng@ynau.edu.cn

the intercropping are observed on YM42, YM53 and YM93 -142 at the milky stage.

Key words: wheat(*Triticun aestivum*); intercropping; nutrient uptake; disease resistance; powdery mildew(*Blumeria graminiis*)

间、套作因其特有的优势而逐步取代单一种植模式。将某些作物通过间、套作进行合理搭配种植,可以有效地改善植株群体结构,提高水分利用效率和光能利用效率[1-3],促进作物的养分吸收,提高养分资源利用效率[4-11],控制或减轻某些病虫害的发生[12-16],从而达到提高作物生物产量或经济产量的目的[12-15]。因此,利用不同作物间、套作提高农田稳定性、促进农田生态系统生产力等已经成为世界各国科学家研究的重点问题之一[17-20]。

近年来,已有一些间作系统养分吸收利用与作物抗病虫性关系的相关研究。结果显示,在小麦、蚕豆间作系统中,随着供氮水平的提高,小麦锈病[13]、小麦白粉病[14-16, 21-22]的发病率和病情指数增加,小麦白粉病的发病率与供氮水平、茎叶中的氮含量均呈正相关[14,16,21]。在单作条件下,小麦茎叶中的氮含量与锈病发病率、氮的吸收量与锈病病情指数均呈极显著的正相关关系,而间作条件下,小麦茎叶中的氮素营养与小麦锈病的发生无显著相关[13]。说明养分吸收利用,特别是氮素吸收利用与间作条件下提高作物抗病性密切相关。

然而在以往的研究中,人们通常只选用某一小麦品种与蚕豆间作进行相关试验,却忽视了小麦品种差别带来的影响。由于品种本身的农艺性状、抗病性及养分竞争能力的不同,均会成为影响间作效果的因素。为此,本试验选择不同抗性的小麦品种与蚕豆间作,系统地研究了其间作效果,探讨养分吸收利用特点及其病害发生特征,为农作物多样性种植条件下作物产量优势的形成、抗病性的提高,品种的合理搭配、种植以及营养供给提供一定的理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验在云南农业大学植物营养系温室内进行(N25°07′60.6″,E102°45′13.6″,H1912m)。采用盆栽土培法种植小麦和蚕豆。供试土壤为水稻土,耕层土壤有机质含量 26.34 g/kg,碱解氮 102.1 mg/kg,速效磷 21.13 mg/kg,速效钾 129.17 mg/kg,pH 7.06。

试验采用裂区区组设计: 主区为种植模式,小麦单作和小麦/蚕豆间作; 副区为品种类型,共 6 个小麦品种。另设一个蚕豆单作处理,总计 13 个处理,每个处理 3 次重复,全生育期采样 5 次,共计 195 盆。

供试 6 个小麦品种: 云麦 47(YM47)、云麦 53(YM53)为高抗白粉病类型; 云麦 42(YM42)、云麦 51(YM51)为中抗白粉病类型; 云选 11 -12(YX11 -12)、93 -124 为感白粉病类型。供试蚕豆为玉溪大白豆。

盆栽试验所用盆钵为 300 mm(高) × 230 mm(内径)的塑料盆,每盆装土 10 kg。装盆前,将基肥与土混匀。常规施肥水平(N 150 mg/kg、P_2O_5 100 mg/kg、K_2O 100 mg/kg),氮肥用量的 1/2 作为基肥(装盆前与土壤混匀),1/2 作为追肥(于拔节初期追施),磷肥和钾肥均作为基肥,各处理氮、磷、钾肥用量相同,氮、磷、钾肥分别为尿素、硫酸钾和普通过磷酸钙。小麦和蚕豆出苗整齐后,单作小麦每盆保苗 24 棵,间作小麦保苗 12 棵,蚕豆保苗 3 棵。整个生育期常规管理,不使用杀菌剂。

1.2　测定项目与方法

小麦白粉病随生育期(分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期、成熟期)进行调查和记载,每盆取 10 株,调查所有叶片,分级标准、发病率和病情指数调查均按统一标准进行[24]。并计算单、间作小麦的发病率、病情指数和相对防效。

按小麦生育期分别采集植株地上部,茎、叶分开,105℃杀青 30 min,然后 65℃烘干,保存。取小麦叶片 0.1000 ~ 0.1009 g,经 H_2SO_4-H_2O_2 消化后,其消化液用于氮、磷、钾含量的测定。氮采用半微量凯氏定氮法测定,全磷采用钒钼黄比色法测定,全钾采用火焰光度计法测定[25]。

1.3　计算方法

1.3.1 土地当量比(LER)　应用土地当量比 LER 作为衡量间作优势的指标[26],其计算公式为:

$$LER = (Yiw/Ysw) + (Yif/Ysf)$$

式中: Yiw 和 Yif 分别代表间作总面积上小麦和蚕豆的地上部生物总量; Ysw 和 Ysf 分别代表单作小麦地上部生物总量和单作蚕豆地上部生物总量。当 LER > 1,表明间作有优势; 当 LER < 1 为间作劣势。

1.3.2 小麦病害指标　发病率(%) = 发病叶片总数/调查叶片总数 × 100

病情指数 = ∑(各级病叶数 × 各级代表值) × 100/调查叶片总数 × 最高级代表值

相对防效(%)=(单作病情指数-间作病情指数)/单作病情指数×100

数据处理用 Excel 2007 for Windows (Microsoft),统计分析采用 SPSS13.0 for Windows 统计软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 单作和间作作物生物量比较

由表1可以看出,成熟期小麦地上部生物量以高抗品种云麦47、云麦53的间作显著高于单作,分别比单作提高6.6%和11.9%;中抗及感病小麦品种在盆栽试验中未表现增加趋势。间作条件下蚕豆生物量增加显著,除云麦42外,各小麦间作下的蚕豆生物量提高13.0%~68.1%。就土地当量比来看,以高抗品种云麦47、云麦53、中抗品种云麦51和感病品种云选11-12的LER大于1,表现出间作优势。其中云麦51,间作小麦生物量显著低于单作,却因为间作蚕豆显著大于单作,使其仍然有间作优势。云麦42的LER小于1,盆栽条件下未表现出间作优势。

表1 小麦/蚕豆成熟期地上部生物量

Table 1 Shoot biomass of wheat/faba bean in mature stage

品种 Cultivars	小麦 wheat (g/pot)		蚕豆 faba bean (g/pot)		土地当量比 LER
	M	I	M	I	
YM47	68.29 b	72.82 a	58.48 E	72.64 C	1.15
YM53	55.02 d	61.54 c	58.48 E	90.31 B	1.33
YM42	38.91 g	36.84 g	58.48 E	58.30 E	0.97
YM51	52.39 e	36.96 g	58.48 E	98.30 A	1.19
YX11-12	30.12 h	32.14 h	58.48 E	77.91C	1.20
93-124	53.94 de	46.54 f	58.48 E	66.06 D	1.00

注(Note):同一作物内,不同字母表示不同处理差异达5%显著水平($P<0.05$) Different letter in same crops indicated significantly at 5% level. M—单作 Monocropping; I—间作 Intercropping; LER—Land equivalent ratio. YM47—云麦47, YM53—云麦53, YM42—云麦42, YM51—云麦51, YX11-12—云选11-12.

2.2 不同抗性小麦叶片氮含量

间作有利于小麦叶片氮含量的增加(表2)。整个生育期内,云选11-12(感病)、云麦47(高抗)和云麦53(高抗)间作的叶片氮含量均高于单作。随着生育期的变化,各小麦品种叶片氮含量均呈降低趋势。抽穗期至成熟期,单作小麦叶片氮含量显著下降,而间作小麦下降缓慢,但间作均高于单作。灌浆期,间作条件下云选11-12、云麦42、云麦47、云麦51、云麦53和93-124叶片氮含量分别是单作的1.26、1.08、1.55、1.13、1.14和1.13倍,且云麦47和云麦51显著高于云选11-12、云麦42、云麦53和93-124。成熟期间作条件下各品种叶片氮含量表现为云麦51>云选11-12>云麦42>93-124>云麦53>云麦47的趋势。

2.3 不同抗性小麦叶片磷含量

间作具有增加小麦叶片磷含量的趋势(表3)。整个生育期内,云麦53叶片磷含量间作均高于单作。间作未显著增加云麦42叶片内的磷含量。各小麦品种以分蘖期叶片磷含量最高,随生育期的变化,云麦47和云麦53叶片磷含量逐渐降低,而云选11-12、云麦51和93-124的叶片磷含量呈先降低后回升的趋势。成熟期,除云麦42外,其余小麦品种的间作磷含量均显著高于单作,表现为93-124>云选11-12>云麦51>云麦53>云麦47,间作条件下各小麦品种的叶片磷含量分别为单作的1.17、1.06、1.21、1.29、1.20倍,以云麦53增加最多。

2.4 不同抗性小麦叶片钾含量

从表4可以看出,间作对于增加小麦叶片钾含量因小麦品种的不同而有所差异。云麦42、云麦53和93-124的间作叶片钾含量增加较为显著,云麦47、云麦51和云选11-12抽穗期以后叶片钾含量间作较单作均未增加。整个生育期内,以分蘖期小麦叶片的钾含量最高,随生育期的推进逐渐降低,其中拔节期各小麦品种叶片的钾含量间作均显著高于单作,表现为云麦51>云麦42>93-124>云麦53>云麦47>云选11-12,其中以云麦53间作较单作增加最多,是单作的1.22倍。

表 2　不同生育期单作和间作不同抗性小麦叶片氮含量(%)

Table 2　N contents of different resistant wheat cultivars under the monocropping and intercropping in different growth period

生育期 Growth period	YX11 -12		YM42		YM47	
	M	I	M	I	M	I
分蘖期 Tilling stage	3.28 fg	4.62 bc	4.43 c	4.78 ab	4.05 d	5.00 a
拔节期 Jointing stage	3.34 f	3.90 cd	4.11 bc	4.36 a	3.63 e	4.40 a
抽穗期 Heading stage	2.87 d	3.15 cd	3.75 ab	3.22 c	3.30 c	3.59 b
灌浆期 Milky stage	2.38 ef	2.99 b	2.90 bc	3.12 b	2.27 f	3.53 a
成熟期 Mature stage	2.26 ef	2.89 b	2.43 de	2.68 c	1.64 h	2.14 f
生育期 Growthing stage	YM51		YM53		93 -124	
	M	I	M	I	M	I
分蘖期 Tilling stage	3.82 de	4.01 d	3.53 ef	4.84 ab	3.12 g	3.95 d
拔节期 Jointing stage	4.38 a	4.28 ab	3.92 cd	4.40 a	3.94 cd	3.76 de
抽穗期 Heading stage	3.92 a	3.59 b	3.10 cd	3.30 c	3.00 cd	3.03 cd
灌浆期 Milky stage	3.18 b	3.58 a	2.68 cd	3.05 b	2.60 de	2.94 bc
成熟期 Mature stage	2.14 f	3.16 a	1.87 g	2.53 cd	1.55 h	2.63 cd

注(Note): 同一时期的方差分析比较了不同品种的差异,没有考虑不同种植模式的影响 The statistic analysis is conducted to compared the difference between different cultivars, but not considering the effects of different plant patterns at the same stage; 不同字母表示差异达5%水平 Different letters mean significant at 5% level. M—单作 Monocropping; I—间作 Intercropping. YM47—云麦 47, YM53—云麦 53, YM42—云麦 42, YM51—云麦 51, YX11 -12—云选 11 -12.

表 3　不同生育期单作和间作不同抗性小麦叶片磷含量(%)

Table 3　P contents of different resistant wheat cultivars under the monocropping and intercropping in different growth period

生育期 Growth period	YX11 -12		YM42		YM47	
	M	I	M	I	M	I
分蘖期 Tilling stage	0.43 c	0.51 a	0.41 c	0.41 c	0.47 b	0.42 c
拔节期 Jointing stage	0.31 d	0.33 cd	0.31 d	0.33 cd	0.39 a	0.40 a
抽穗期 Heading stage	0.33 ef	0.33 ef	0.30 g	0.29 g	0.36 d	0.41 a
灌浆期 Milky stage	0.40 a	0.31 ef	0.38 abc	0.36 bc	0.28 f	0.33 de
成熟期 Mature stage	0.41 c	0.43 b	0.33 f	0.28 g	0.22 i	0.26 h
生育期 Growthing stage	YM51		YM53		93 -124	
	M	I	M	I	M	I
分蘖期 Tilling stage	0.48 b	0.51 a	0.47 b	0.49 ab	0.51 a	0.49 ab
拔节期 Jointing stage	0.34 cd	0.37 ab	0.33 cd	0.39 a	0.35 bc	0.37 ab
抽穗期 Heading stage	0.32 f	0.30 g	0.36 cd	0.38 bc	0.40 ab	0.35 de
灌浆期 Milky stage	0.29 f	0.31 ef	0.29 f	0.37 abc	0.35 cd	0.38 ab
成熟期 Mature stage	0.31 f	0.37 d	0.27 gh	0.35 e	0.39 cd	0.46 a

注(Note): 同一时期的方差分析比较了不同品种的差异,没有考虑不同种植模式的影响 The statistic analysis is conducted to compared the difference between different cultivars, but not considering the effects of different plant patterns at the same stage; 不同字母表示差异达5%水平 Different letters mean significant at 5% level. M—单作 Monocropping; I—间作 Intercropping. YM47—云麦 47, YM53—云麦 53, YM42—云麦 42, YM51—云麦 51, YX11 -12—云选 11 -12.

表4 不同生育期单作和间作不同抗性小麦叶片钾含量(%)

Table 4 K contents of different resistant wheat cultivars under the monocropping and intercropping in different growth period

生育期 Growth period	YX11-12 M	YX11-12 I	YM42 M	YM42 I	YM47 M	YM47 I
分蘖期 Tilling stage	6.54 c	7.03 ab	6.38 c	6.36 c	6.37 c	6.19 c
拔节期 Jointing stage	4.39 d	4.88 c	5.21 b	5.86 a	4.39 d	4.88 c
抽穗期 Heading stage	4.88 c	4.40 d	4.39 d	5.37 a	4.39 d	4.39 d
灌浆期 Milky stage	3.89 b	3.89 b	3.90 b	4.06 a	3.40 c	3.40 c
成熟期 Mature stage	3.40 bc	3.40 bc	3.89 a	3.07 de	2.91 e	2.58 f
生育期 Growthing stage	YM51 M	YM51 I	YM53 M	YM53 I	93-124 M	93-124 I
分蘖期 Tilling stage	7.18 a	6.85 b	5.86 d	6.36 c	6.19 c	6.37 c
拔节期 Jointing stage	5.38 b	5.87 a	4.39 d	5.37 b	4.72 c	5.71 a
抽穗期 Heading stage	5.39 a	5.05 b	3.89 e	3.90 e	3.90 e	3.90 e
灌浆期 Milky stage	3.90 b	3.90 b	3.41 c	2.91 d	2.91 d	3.41 c
成熟期 Mature stage	3.40 bc	3.57 b	2.91 e	3.24 cd	2.91 e	3.40 bc

注(Note):同一时期的方差分析比较了不同品种的差异,没有考虑不同种植模式的影响 The statistic analysis is conducted to compared the difference between different cultivars, but not considering the effects of different plant patterns at the same stage; 不同字母表示差异达5%水平 Different letters mean significant at 5% level. M—单作 Monocropping; I—间作 Intercropping. YM47—云麦47, YM53—云麦53, YM42—云麦42, YM51—云麦51, YX11-12—云选11-12.

2.5 不同抗性小麦的白粉病发生特征

从小麦白粉病发病率(图1)来看,盆栽条件下,小麦初期发病率比较高,单作小麦分蘖期发病率均大于70%,以感病品种云选11-12最高,为81.3%。单作发病率表现为云麦47 < 云麦53 < 云麦51 < 93-124 < 云麦42 < 云选11-12。间作小麦以感病品种93-124的发病率最高,为81.7%。间作发病率表现为云麦53 < 云麦47 < 云麦51 < 云选11-12 < 云麦42 < 93-124。随生育期的推进,单、间作小麦发病率呈递增趋势,但差异不显著。抽穗至成熟期,间作云麦42品种的发病率呈递减趋势,间作显著低于单作。

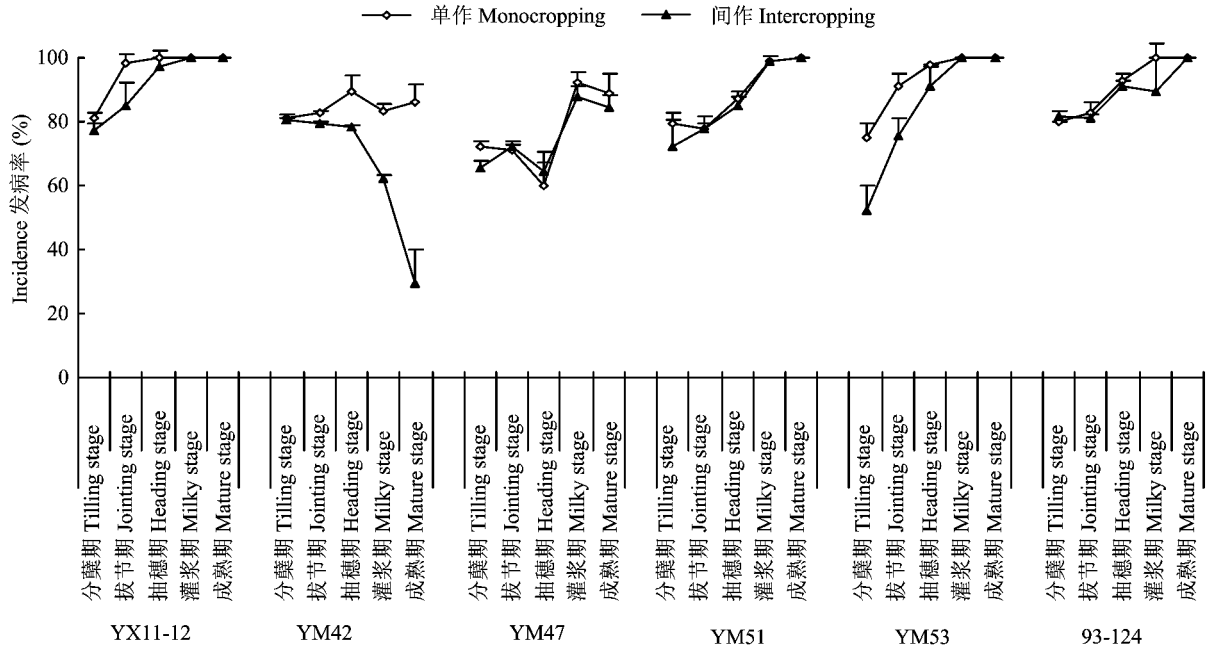

图1 单作和间作不同抗性小麦白粉病发病率

Fig. 1 Incidences of wheat powdery mildew of different resistant wheat cultivars under the monocropping and intercropping

[注(Note):YM47—云麦47, YM53—云麦53, YM42—云麦42, YM51—云麦51, YX11-12—云选11-12]

小麦苗期病害发生程度是衡量品种抗病性高低的重要指标。从小麦白粉病病情指数(图 2)可以看出,分蘖期,中抗品种云麦 51、感病品种云选 11 -12 和 93 -124 的间作病情指数均显著低于单作,表现出抗病性的提高。中抗品种云麦 42、高抗品种云麦 47 和云麦 53 虽然单、间作差异不显著,但间作均低于单作。各小麦品种以分蘖期的相对防效最好,云选 11 -12、云麦 47、云麦 51、云麦 53 和 93 -124 的相对防效分别为 28.75%、37.20%、28.88%、77.67% 和 26.57%,表现为云麦 53 > 云麦 47 > 云麦 51 > 云选 11 -12 > 93 -124 > 的趋势。中抗品种云麦 42 在灌浆期的相对防效达到最大值,为 81.49%。小麦抽穗以后的病害发生程度成为影响小麦光和产物制造和积累的一大因素,灌浆、成熟期高抗品种云麦 53、中抗品种云麦 42 和感病品种 93 -124 的间作病情指数显著低于单作,表现出良好的间作控病效果。高抗品种云麦 47 和中抗品种云麦 42 的间作病情指数显著低于其它抗性小麦品种。

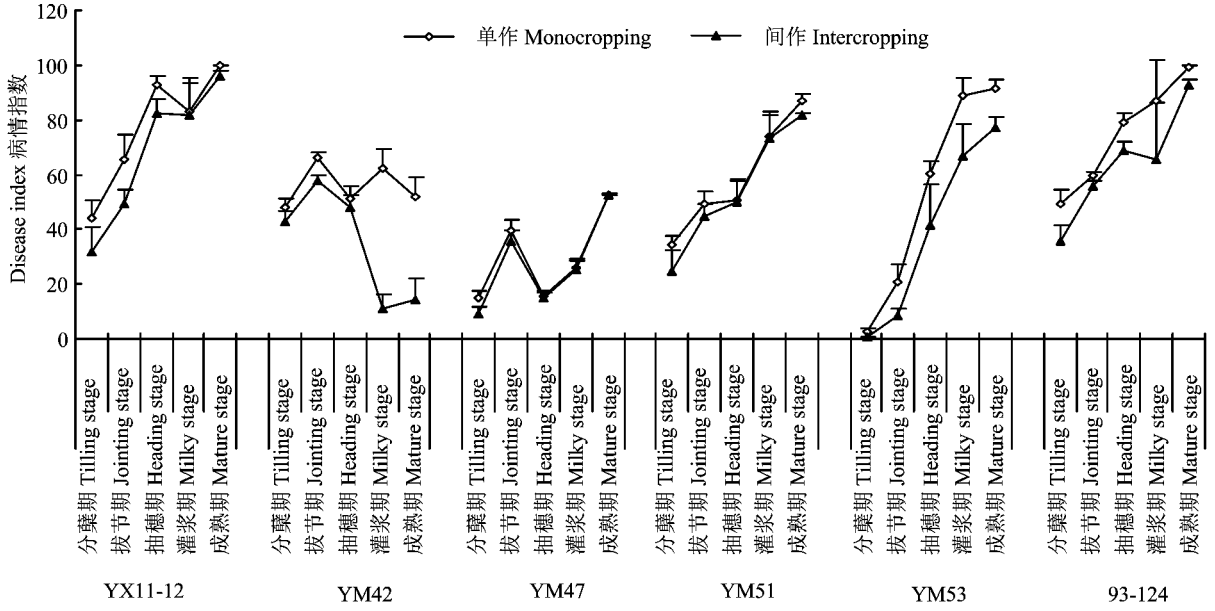

图 2　单作和间作不同抗性小麦白粉病病情指数

Fig. 2　Disease index of wheat powdery mildew of different resistant wheat cultivars under the monocropping and intercropping

[注(Note):YM47—云麦 47; YM53—云麦 53; YM42—云麦 42; YM51—云麦 51; YX11 -12—云选 11 -12.]

3　讨论

对于单一小麦品种[10-11, 13-16,22-23]与蚕豆间作的相关试验研究已有很多,但有关不同抗性的多个小麦品种与同一作物的间作效果的研究报道尚少。本试验在研究了多个品种小麦与蚕豆间作后发现,不同品种单、间作条件下的养分吸收利用以及其病害的发生有着显著差异。

3.1　间作系统中不同抗性小麦品种叶片的养分含量

间作对于促进小麦氮营养的吸收前人已经做过大量研究。本试验结果表明,间作条件下小麦叶片氮含量均显著高于单作,这与以往研究结果相同[9]。但由于间作条件下不同抗性小麦品种对于氮竞争能力的不同,以及病害在叶片上的危害程度不同,使得叶片内的氮含量差异显著。高抗小麦品种各个生育期内间作均高于单作,中抗和感病小麦品种在灌浆期和成熟期也均表现出间作大于单作的趋势。间作有增加小麦叶片磷含量的趋势,品种之间差异较大。肖焱波等[27]选用小麦陇 17 与蚕豆间作,发现小麦磷含量根系不分隔显著高于完全分隔。本试验以云麦 53 间作的叶片磷含量增加显著,明显高于单作。云麦 42 间作并未增加叶片磷的含量。其它小麦品种间作的磷吸收优势具有时段性。由于盆栽试验受环境因素影响较大,间作条件下其它小麦品种叶片磷增加的不稳定性还可能与水、肥供应状况有关。这同时也预示着,间作条件改善小麦磷养分吸收可能因品种不同而有差异,还有待进一步研究。间作系统中关于钾素营养方面的研究表明,禾本科间作豆科作物能提高作物对钾的吸收[28]。在本试验条件下,间作小麦拔节期叶片钾含量均显著高于单作,说明间作环境中蚕豆在小麦生长旺盛时期能够明显促进对钾的吸收。但由于土壤中速效钾含量较高,已经能够满足小麦的生长需要,因此在其它生育期间作对于提高小麦钾含量的效果不明显。

间作环境中的影响因素很多,微气候环境或栽培管理措施都可能影响作物的生长,以往人们只讨论单、间作条件下小麦的氮、磷、钾含量及吸收量之间的差异[10-11, 13-15],而未研究单、间作条件下各养分随生育期在叶片内的分配特点及转移规律,以及因品种的不同而存在的显著差异。本研究表明,由于不同小麦品种养分竞争能力以及对养分需求时间(随生育期的变化而不同)和空间(养分在茎、叶、穗中的转移分配不同)表达的不同,间作条件下小麦对养分的需求状况表现出了显著差异。对间作条件下不同小麦品种养分吸收规律的探讨有助于我们优化间作施肥方案,调整种植模式,为品种的合理种植提供一定理论依据。

3.2 间作系统中不同抗性小麦白粉病的发生特征

本研究表明,不同抗性小麦品种在与蚕豆间作后都有助于提高其抗病性,感病(云选11-12、93-124)和中抗(云麦51)品种初期侵染机率降低,但后期的病情仍然很重。高抗品种云麦47虽然单、间作之间病情指数差异不显著,但病情指数都比较低。高抗品种云麦53和中抗品种云麦42间作防病效果比较显著。高抗品种小麦(云麦47、云麦53),间作条件下抗病性能发挥稳定,成熟期生物量增加显著。但并非病害相对防效越高,间作小麦的生物量就越高(如云麦42),盆栽试验小麦受环境影响比较大,云麦42间作病害发生降低,生物量未显著增加,可能与栽培环境有关。

一般认为,保证作物最适生长的"养分平衡",有利于作物获得最佳的抗病虫能力,具有最佳营养状况的植物也具有最强的抗病性[29]。而且植物的抗病性还随着养分状况偏离最适状态的程度而变化[30]。现有研究表明,间作提高作物抗病性与养分吸收利用特别是氮素吸收利用密切相关[13-16, 21-22]。在小麦/蚕豆间作系统中,随着供氮水平的提高,小麦白粉病[14-16, 21-22]的发病率和病情指数增加,小麦白粉病的发病率与供氮水平、茎叶中的氮含量均呈正相关[14,16,21]。而供氮水平和植株氮含量明显影响作物体内的抗性物质如总酚、类黄酮含量[31]和致病性可溶性氮同化物含量[32],进而影响作物的抗病性。

不同抗性品种小麦的养分含量不同(表2、表3、表4),使其获得最佳抗性的养分需求量也不相同,且相同抗性小麦品种具有不同的遗传背景,因而,虽然为同样抗性的小麦品种,其间作条件下抗白粉病的能力也表现不同。而且由于同样抗性小麦品种在不同生育期的养分含量特别是氮养分含量不同,其体内抗性物质含量和致病性可溶性氮同化物含量可能不同,因而在间作条件下,同样抗病品种在不同生育期表现出不同的抗病性。有关不同抗性小麦品种的遗传背景,间作条件下不同抗性小麦品种体内可溶性碳、氮同化物含量和抗性物质含量的变化特征,养分吸收利用与白粉病抗性的相互作用及其机制还有待进一步研究。

4 结论

1) 本试验结果表明,除云麦42和93-124单、间作无显著差异之外,其它小麦品种与蚕豆间作土地当量比均大于1,表现出明显的间作优势。

2) 间作条件下小麦叶片氮、磷、钾含量因品种抗性和生育期的不同差异显著。间作条件下不同品种小麦叶片氮含量均较单作有显著的增加。间作对促进小麦叶片磷含量的增加因品种和生育期的不同差异较大。间作显著促进了小麦拔节期叶片钾含量的增加。

3) 间作条件下小麦发病率及病情指数均低于单作,但因生育期和品种抗病性的不同,间作条件下的控病效果差异较大。以分蘖期的控病效果最好,各抗性品种相对防效在0.76%～81.49%之间。

参 考 文 献:

[1] Keating B A, Carberry P S. Resource capture and utilization in intercropping: solar radiation[J]. Field Crops Res., 1993, 34: 273-301.

[2] Morris R A, Garrity P S. Resource capture and utilization in intercropping: non-nitrogen nutrients[J]. Field Crops Res., 1993, 34: 319-334.

[3] 李增嘉,李凤超,赵秉强. 小麦玉米间套作的产量效应与光资源利用率的研究[J]. 山东农业大学学报,1998,29(4): 419-426. Li Z J, Li F C, Zhao B Q. Studies on light and heat resource use efficiency and yield effect of wheat/corn/corn intercropping system [J]. J. Shandong Agric. Univ., 1998, 29(4): 419-426.

[4] Li L, Li S M, Zhou L L *et al*. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils[J]. PNAS, 2007, 104: 11192-11196.

[5] Zheng Y, Zhang F S, Li L. Iron availability as affected by soil moisture in intercropped peanut and maize[J]. J. Plant Nutr., 2003, 26(12): 2425-2437.

[6] Zheng Y, Tang L, Nie Y L. Could root exudates of some graminaceous species mobilize Fe-bound P in red soil and facilitate P uptake of dicots when they are intercropped? [A]. Li C J. Zhang F S, Dobermann A *et al*. Plant nutrition for food security, human health and environmental protection, Fifteenth International Plant Nutrition Colloquium[M]. Beijing: Tsinghua University Press; 2005:520-521.

[7] Zhang F S, Li L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency[J]. Plant Soil, 2003, 248: 305-312.

[8] Zhang F S, Shen J B, Li L *et al*. An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China[J]. Plant Soil, 2004, 260: 89-99.

[9] 李隆,李晓林,张福锁,等. 小麦大豆间作条件下作物养分吸收

利用对间作优势的贡献[J]. 植物营养与肥料学报,2000,6(2): 140-146.
Li L, Li X L, Zhang F S *et al*. Uptake and utilization of nitrogen, phosphorus and potassium as related to yield advantage in Wheat/soybean intercropping[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2000, 6(2): 140-146.

[10] 余丽娜,郑毅,朱有勇. 小麦蚕豆间作中作物对氮的吸收利用[J]. 云南农业大学学报,2003,18(3): 255-269.
She L N, Zheng Y, Zhu Y Y. Nitrogen uptake and utilization in wheat and broad bean intercropping[J]. J. Yunnan Agric. Univ., 2003, 18(3): 255-269.

[11] 肖焱波,李隆,张福锁. 两种间作体系中养分竞争与营养促进作用研究[J]. 中国生态农业学报,2004,12(4): 86-89.
Xiao Y B, Li L, Zhang F S. Interspecific competition and facilitation for nutrient in wheat and legumes intercmps[J]. Chin. J. Eco-Agric., 2004, 12(4): 86-89.

[12] Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H *et al*. Genetic diversity and disease control in rice[J]. Nature, 2000, 406: 718-722.

[13] 肖靖秀,郑毅,汤利,等. 小麦蚕豆间作系统中的氮钾营养对小麦锈病发生的影响[J]. 云南农业大学学报,2005,20(5): 640-645.
Xiao J X, Zheng Y, Tang L *et al*. Effects of potassium and nitrogen supply on the occurrence of wheat rust in wheat and faba bean intercropping system[J]. J. Yunnan Agric. Univ., 2005, 20(5): 640-645.

[14] 肖靖秀,周桂夙,汤利,等. 小麦蚕豆间作条件下小麦的氮钾营养对小麦白粉病的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(4): 517-522.
Xiao J X, Zhou G S, Tang L *et al*. Effects of nitrogen and potassium nutrition Oil Blumeria graminis(DC). Speer of wheat in wheat and fababean intercropping[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(4): 517-522.

[15] 李勇杰,陈远学,汤利,等. 地下部分隔对间作小麦养分吸收和白粉病发生的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2007,13(5): 929-934.
Li Y J, Chen Y X,, Tang L *et al*. Effects of root separation on nutrient uptake of wheat and occurrence of powdery mildew under wheat-fababean intercropping[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(5): 929-934.

[16] Tang L, Zheng Y, Gou Q Y *et al*. Effects of N levels on cccurrence of wheat powdery mildew in wheat and faba bean intercropping[A]. Li C J, Zhang F S, Dobermann *et al*. Plant nutrition for food security, human health and environmental protection[C]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005. 1010-1011.

[17] Copley J. Ecology goes underground[J]. Nature, 2000, 406: 452-454.

[18] Tilman D, Reich P B, Knops J *et al*. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment[J]. Science, 2001, 294: 843-845.

[19] Tilman D, Cassman K G, Matson P A *et al*. Agricultural sustainability and intensive production practices[J]. Nature, 2002, 418: 671-677.

[20] Ramette A, Lipuma J J, Tiedje J M. Species abundance and diversity of Burkholderia cepacia complex in the environment[J]. Appl. Environ. Microbiol., 2005, 71: 1193-1201.

[21] Chen Y X, Zhang F S, Tang L. Wheat powdery mildew and foliar N concentrations as influenced by N fertilization and belowground interactions with intercropped faba bean[J]. Plant Soil, 2007, 291(1-2): 1-13.

[22] 李勇杰,陈远学,汤利,等. 不同分根条件下氮对间作小麦生长和白粉病发生的影响[J]. 云南农业大学学报,2006,21(5): 581-585.
Li Y J, Chen Y X, Tang L *et al*. Effect of nitrogen on wheat growth and occurrence of powdery mildew under different root separation in wheat fababean intercropping[J]. J. Yunnan Agric. Univ., 2006, 21(5): 581-585.

[23] 周桂夙,肖靖秀,郑毅,等. 小麦蚕豆间作条件下蚕豆对钾的吸收及对蚕豆赤斑病的影响[J]. 云南农业大学学报,2005,20(6): 779-782.
Zhou G S, Xiao J X, Zheng Y *et al*. Potassium uptake and its effect on leaf spots of broad beans in wheat and broad beans intercropping[J]. J. Yunnan Agric. Univ., 2005, 20(6): 779-782.

[24] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社,1987.
Fang Z D. Research methods of plant pathology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1987.

[25] 南京农业大学. 土壤农化分析(第二版)[M]. 北京: 中国农业出版社,1983.
Nanjing Agriculture University. Agricultural chemical analyze of soil(2nd ed.)[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1993.

[26] Willey R W. Intercropping-Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages[J]. Field Crops Abst, 1979, 32(1): 1-10.

[27] 肖焱波,李隆,张福锁. 根瘤菌菌株 NM353 对小麦蚕豆间作体系中作物生长及养分吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(1): 89-96.
Xiao Y B, Li L, Zhang F S. The enhancement of growth and nutrients uptake by crops with inoculating rhizobium strain NM353 in wheat and faba bean intercropping system[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(1): 89-96.

[28] Trolldenier G. Fertilizer use and plant health[M]. Bern: International Potash Institute Press, 1976, 85-93.

[29] 肖靖秀,郑毅. 间套作系统中作物的养分吸收利用与病虫害控制[J]. 中国农学通报,2005,21(3): 150-154.
Xiao J X, Zheng Y. Nutrients uptake and pests and diseases control of crops in intemropping system[J]. Chin. Agric. Sci. Bull., 2005, 21(3): 150-154.

[30] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants[M]. London: Academic Press, 1993, 341-368.

[31] 卢国理,汤利,楚轶欧,等. 单/间作条件下氮肥水平对水稻总酚和类黄酮的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(6): 1064-1069.
Lu G L, Tang L, Chu Y O *et al*. Effect of nitrogen levels on the changes of phenol and flavonoid contents under rice monoplanting and interplanting system[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2008, 14(6): 1064-1069.

[32] 苏海鹏,汤利,刘自红,等. 小麦蚕豆间作系统中小麦的氮同化物动态变化特征[J]. 麦类作物学报,2006,26(6): 140-144.
Su H P, Tang L, Liu Z H *et al*. Dynamics of nitrogen assimilates of wheat in wheat-faba bean intercropping system[J]. J. Tri. Crops, 2006, 26(6): 140-144.