

УДК 633.1

ВЛИЯНИЕ СЕВОБОРОТА ТАТАРСКОЙ ГРЕЧИХИ, МАША И ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УСТРАНЕНИЕ ПРЕПЯТСТВИЙ ПРИ ЕЕ МОНОКУЛЬТУРЕ

ХАНЬ МЭНЖУ, аспирант, **ЧЖАН ФЭЙФЭЙ**, магистрант, **ФЭН БАЙЛИ**, профессор
E-mail: hanmengru@nwafu.edu.cn

СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА,
ПРОВИНЦИЯ ШЭНЬСИ, КНР

Аннотация. Система севооборота татарской гречихи и маша и внесение органических удобрений эффективно улучшили высоту растений, толщину стебля, индекс площади листьев и эффективность фотосинтетического поглощения радиации растениями татарской гречихи и маша, а также эффективно устранили проблемы низкорослости растений и низкой скорости поглощения световой энергии, вызванные монокультурой. Улучшается относительное содержание хлорофилла и параметры флуоресценции хлорофилла в листьях, что улучшает фотосинтетические параметры листьев татарской гречихи и маша и способствует накоплению биомассы в различных органах. Среди них относительное содержание хлорофилла и чистая скорость фотосинтеза в листьях гречихи татарской и маша при системе севооборота увеличились на 8,75%~34,18%, 9,67%~91,00% и 1,06%~32,71%, 6,90%~65,45% соответственно по сравнению с монокультурой. Таким образом, ротационный режим выращивания гречихи татарской и маша и внесение удобрений могут эффективно улучшить рост и развитие, фотосинтетические характеристики гречихи татарской и маша при монокультуре, а также эффективно устранить препятствия для монокультуры. Среди них, в режиме монокультуры, однократное внесение органических удобрений обладает наилучшим эффектом.

Ключевые слова: препятствие монокультуры, севооборот татарской гречихи и маша, органические удобрения, агрономические характеристики, фотосинтетические характеристики

Для цитирования: Хань Мэнжу, Чжан Фэйфэй, Фэн Байли. Влияние севооборота татарской гречихи, маша и внесения удобрений на устранение препятствий при ее монокультуре. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2024; 3(51):127-137. DOI: 10.24412/2309-348X-2024-3-127-137

UDC 633.1

EFFECT OF TARTARY BUCKWHEAT AND MUNG BEAN CROP ROTATION AND FERTILIZER APPLICATION TO ALLEVIATE ITS CONTINUOUS CROPPING OBSTACLES

Mengru Han, Feifei Zhang, Baili Feng
E-mail: hanmengru@nwafu.edu.cn

NORTHWEST A&F UNIVERSITY, SHAANXI PROVINCE, CHINA

Abstract: Buckwheat-bean crop rotation system and organic fertilizer application effectively increased tartary buckwheat and mung bean plant height, stem thickness, leaf area index and canopy layer photosynthetically active radiation interception rate, effectively improving the continuous crops brought about by plant dwarfism and low photosynthetically active radiation

interception rate; improve the relative chlorophyll content of leaves and chlorophyll fluorescence parameters, thereby improving the photosynthetic parameters of tartary buckwheat and mung bean leaves and promoting the accumulation of biomass in all organs. Among them, the relative chlorophyll content and net photosynthetic rate of tartary buckwheat and mung bean leaves increased by 8.75% to 34.18%, 9.67% to 91.00%, and 1.06% to 32.71%, 6.90% to 65.45%, respectively, compared with continuous crop under the polygonum bean rotation system. In summary, buckwheat-bean rotation system and fertilizer application can effectively improve the continuous crop of tartary buckwheat and mung bean growth and development, photosynthetic characteristics, effective mitigation of continuous cropping obstacles, which in the continuous crop pattern, the best effect of organic fertilizer alone.

Keywords: continuous cropping obstacles, buckwheat-bean rotation, organic fertilizers, agronomic traits, photosynthetic characteristics.

Введение. Из-за постоянного сокращения площади обрабатываемых земель и недостаточного внимания к способам выращивания мелких сельскохозяйственных культур явление монокультура сельскохозяйственных растений становится все более серьезным, влияя на рост и развитие сельскохозяйственных культур и их фотосинтетические характеристики [1]. Фотосинтез является одним из основных способов получения энергии сельскохозяйственными культурами и основным источником синтеза органических веществ, который непосредственно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур [2]. Поэтому изучение разумных мер по улучшению роста, развития и фотосинтетических свойств татарской гречихи и маша является ключом к решению проблем, связанных с ее монокультурой.

Система севооборота и разумное внесение удобрений могут эффективно стимулировать рост и развитие сельскохозяйственных культур, способствовать повышению плодородия и эффективно регулировать фотосинтетические характеристики растений, тем самым устраняя препятствия для монокультуры. В ходе этого исследования были изучены: монокультура татарской гречихи, монокультура маша, севооборот татарской гречихи и маша, а также 4 различные схемы распределения удобрений.

Путем сравнения изменений и различий в урожайности, агрономических характеристиках, относительном содержании хлорофилла и чистой продуктивности фотосинтеза у татарской гречихи и маша при различных режимах посадки и внесении удобрений, системе севооборота гречихи и внесения удобрений при непрерывном выращивании были изучены рост и развитие гречихи татарской и маша, а также особенности фотосинтеза.

Условия и методика проведения исследований

Сельскохозяйственные эксперименты проводились на почве после желтого хлопчатника с содержанием быстродействующего азота 35,67 мг/кг, быстродействующего фосфора 2,66 мг/кг, быстродействующего калия 95 мг/кг и pH 8,49 в сельскохозяйственном демонстрационном парке Ансе, город Яньань, провинция Шэньси, Китай (109°21'20"N, 36°48'16"E).

В эксперименте применялась схема разделения зон и основная площадь была разделена на 3 способа посева: монокультура гречихи татарской (CB), монокультура маша (CG) и севооборот маша и татарской гречихи (RG-RB). В зоне разделения существует 4 вида внесения удобрений: без внесения удобрений (CK), однократное внесение азотных и фосфорных удобрений (NP), однократное внесение органических удобрений (OF), органическое удобрение заменяет 30% удобрений (NPO). Способ внесения удобрений заключается в однократном внесении перед посевом, без подкормки. Количество удобрений для двух культур учитывается отдельно. Маш: чистый азот 60 кг/га, P₂O₅ 90 кг/га, органические удобрения 5357 кг/га. Гречиха татарская: чистый азот 75 кг/га, P₂O₅ 90 кг/га, товарное органическое удобрение 6696 кг/га.

У татарской гречихи и маша по 15 рядов в каждой ячейке, расстояние между рядами составляет 33 см, а расстояние между растениями – 10 см и 15 см соответственно. Плотность посадки составляла 300 000 растений/га и 200 000 растений/га соответственно. Татарская гречиха и маш были посеяны 25 мая и 9 июля в 2021 года, соответственно, и созрели 1 сентября и 15 октября; татарская гречиха и маш были посеяны 23 мая и 7 июля в 2022 году, соответственно и созрели 25 августа и 17 октября. Площадь опытных делянок – 30 м². Повторность – трехкратная.

Результаты и их обсуждение

Вес ста зерен и урожайность татарской гречихи при монокультуре и севообороте различных удобрений показаны на рисунке 1. В 2021 и 2022 годах вес ста зерен татарской гречихи монокультуры составляла 2,04-2,25 г и 2,03-2,27 г, соответственно, а внесение удобрений значительно увеличило вес на 3,95% - 9,88% и 12,17% по сравнению с СК, соответственно. Вес ста зерен севооборотной гречихи татарской в 2022 году составляет 2,25-2,65 г, что в среднем на 0,74-29,38% больше, чем при выращивании гречихи татарской в 2021 году. Урожайность гречихи татарской монокультуры в 2021 и 2022 годах составила OF>NPO>NP>СК и NPO>OF>NP>СК соответственно. После каждой обработки урожайность увеличилась на 13,59% и 79,05% (NP), 45,19% и 89,05% (OF), 28,84% и 100,48% (NPO) по сравнению с СК, соответственно. Из этого видно, что в режиме монокультуры внесение удобрений может значительно увеличить вес ста зерен и урожайность татарской гречихи. В 2021 году производительность будет самой большой в OF, а в 2022 году производительность будет самой большой в NPO.

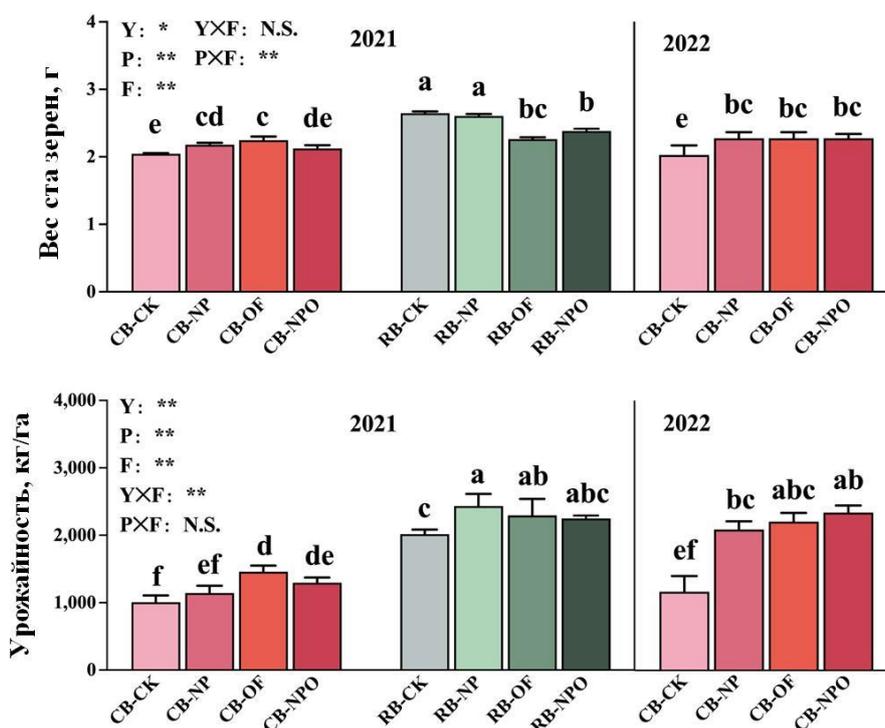


Рис. 1. Урожайность и вес ста зерен гречихи татарской при различных режимах посева и внесении удобрений

CB - монокультура гречихи татарской, RB - севооборот татарской гречихи, CG - монокультура маша, RG - севооборот маша. СК - без внесения удобрений, NP - однократное внесение азотных и фосфорных удобрений, OF - однократное внесение органических удобрений, NPO - органическое удобрение заменяет 30% удобрений. То же самое ниже.

Вес ста зерен и урожайность маша при монокультуре и севообороте различных удобрений показаны на рис. 2. Вес ста зерен маша монокультуры в 2021 и 2022 годах

составляла 6,28-6,77 г и 6,12-6,48 г соответственно. Оба варианта показали, что NPO и OF были выше, чем при остальной обработке, а среднее увеличение СК за два года составило 0,05%-7,80% и 0,41%~1,24%, соответственно. Урожайность маша монокультуры в 2021 и 2022 годах составила OF>NPO>СК>NP.OF и NPO увеличились на 8,56% и 2,52% (2021), 8,50% и 4,45% (2022) по сравнению с СК, соответственно. Вес ста зерен и урожайность маша при севообороте в 2022 году составляют 6,53-6,81 г и 1500,00-1583,00 кг/га соответственно, что в разной степени увеличилось по сравнению с машом монокультуры в 2022 году. Таким образом, в режиме монокультуры как NPO, так и OF могут значительно увеличить массу и урожайность маша. За исключением веса ста зерен в 2022 году, у OF урожайность выше, чем у NPO. По сравнению с монокультурой, чередование гречихи татарской и маша эффективно увеличивает вес ста зерен и урожайность маша.

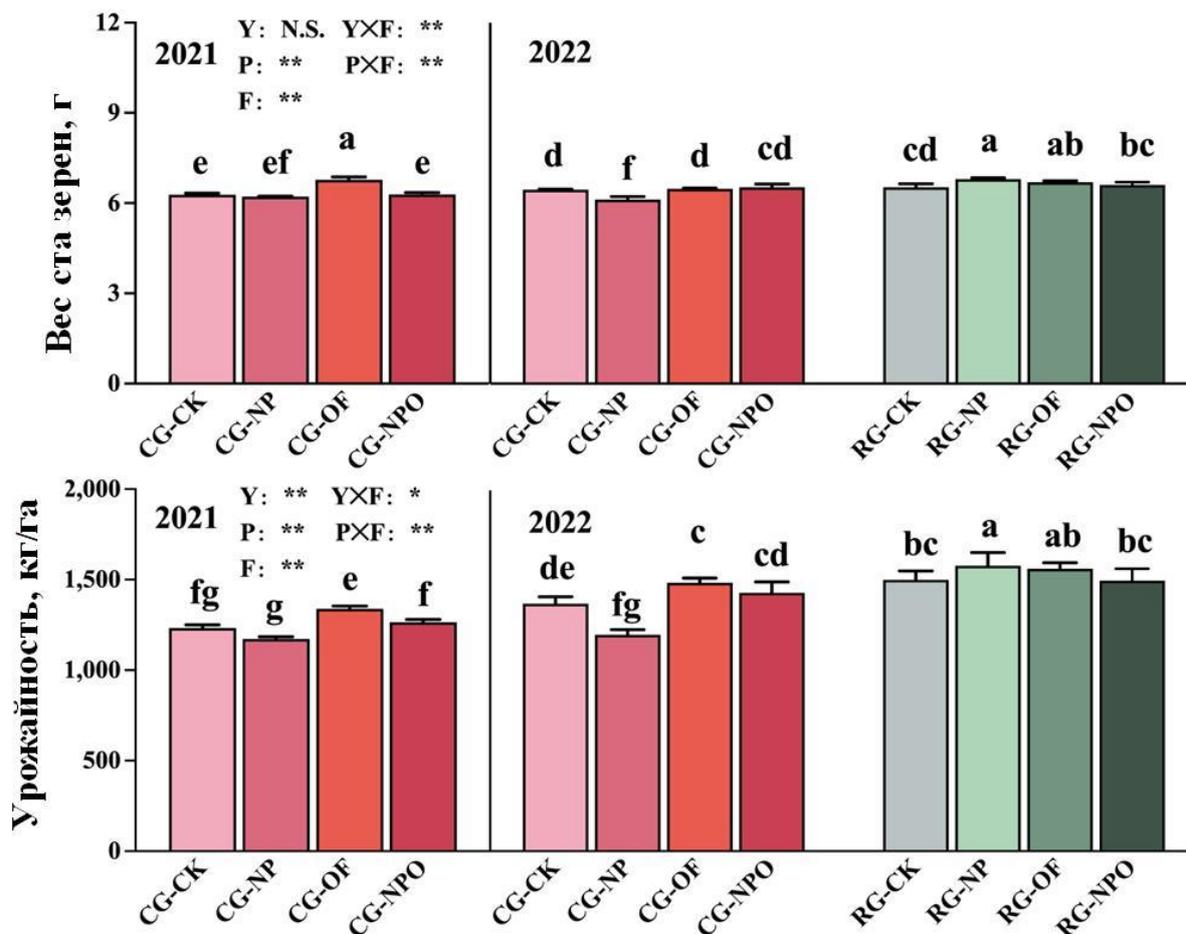


Рис. 2. Урожайность и вес ста зерен маша при различных режимах посева и внесении удобрений

С наступлением репродуктивного периода агрономические характеристики гречихи татарской демонстрируют тенденцию к постоянному повышению, а показатели севооборота гречихи татарской выше, чем при монокультуре гречихи татарской (таблица 1). По сравнению с монокультурой высота растений гречихи татарской при системе севооборота увеличилась в среднем на 9,68%~110,26%, толщина стебля увеличилась в среднем на 5,26%~86,36%, а показатель площади листьев увеличился в среднем на 10,22%~504,55%. В режиме монокультуры высота растений татарской гречихи перед созреванием составляла NPO>OF>NP>СК, а при созревании – NP>OF>NPO>СК. Показатель площади листьев гречихи татарской при монокультуре был выше, чем у СК при каждой обработке удобрениями, который увеличился в среднем на 17,39% до 250,94% по сравнению с СК при каждой обработке удобрениями, и эффект OF улучшения в период цветения был наиболее значительным.

Таблица 1

Изменения агрономических характеристик татарской гречихи при различных режимах посева и внесении удобрений в 2021 г.

Период	Режим посева	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период всхода	CB	СК	11.00±0.50e	2.32±0.31f	0.23±0.01d
		NP	14.27±0.21d	3.23±0.33de	0.31±0.02c
		OF	14.37±0.51d	3.66±0.30cd	0.27±0.00d
		NPO	16.23±0.25c	3.75±0.32bc	0.35±0.01c
	RB	СК	16.67±0.47c	2.83±0.06e	0.41±0.02b
		NP	20.50±0.50a	4.20±0.22b	0.48±0.04a
		OF	16.83±0.45c	5.09±0.43a	0.43±0.04b
Период бутонизации	CB	СК	30.20±0.30f	5.04±0.28e	0.53±0.02f
		NP	30.87±0.55ef	5.37±0.18e	0.97±0.01e
		OF	35.07±0.32de	6.70±0.44cd	1.54±0.03cd
		NPO	37.73±0.21d	7.18±0.11bc	1.86±0.00bc
	RB	СК	44.17±4.16c	6.32±0.7d	1.28±0.11de
		NP	63.50±4.92a	7.46±0.62b	1.60±0.39cd
		OF	54.50±3.53b	7.84±0.32ab	3.12±0.33a
Период цветения	CB	СК	56.33±1.53e	5.07±0.50c	0.83±0.01f
		NP	58.93±0.55e	5.41±0.44bc	1.10±0.02f
		OF	62.00±0.80de	5.97±0.08bc	2.84±0.03d
		NPO	68.17±3.79d	6.12±0.59b	1.82±0.31e
	RB	СК	68.00±6.56d	5.48±0.31bc	1.33±0.17f
		NP	103.67±2.08a	7.34±0.49a	6.65±0.52a
		OF	87.00±10.59b	8.23±1.04a	3.39±0.50c
Период созревания	CB	СК	85.57±0.15d	6.20±0.10d	-
		NP	108.43±0.15b	7.20±0.70bc	-
		OF	104.40±0.26b	7.60±0.30b	-
		NPO	97.53±0.31c	6.60±0.30cd	-
	RB	СК	87.03±5.35d	7.80±0.40b	-
		NP	117.90±2.26a	8.80±0.10a	-
		OF	117.07±3.13a	8.00±0.50ab	-
		NPO	116.47±1.86a	7.30±1.00bc	-
Режим посева (P)			**	**	**
Внесение удобрений (F)			**	**	**
Режим посева×Внесение удобрений P×F			**	**	N.S.

Примечание: Данные в таблице представляют собой среднее значение ±стандартное отклонение (n=3). Разные строчные буквы указывают на то, что существует значительная разница в 5% между различными методами в течение одного и того же репродуктивного периода. CB - монокультура гречихи татарской, RB - севооборот татарской гречихи, CG - монокультура маша, RG - севооборот маша. СК - без внесения удобрений, NP - однократное внесение азотных и фосфорных удобрений, OF - однократное внесение органических удобрений, NPO -органическое удобрение заменяет 30% удобрений. То же самое ниже.

С наступлением репродуктивного периода агрономические показатели гречихи татарской при каждой обработке демонстрировали постоянную тенденцию к повышению, а общие показатели OF и NPO были значительно лучше, чем у СК и NP, что соответствовало

показателям 2021 года (таблица 2). На стадии всходов гречихи татарской монокультуры в 2022 году все агрономические показатели показали, что NP и NPO были выше, чем у OF. Начиная с периода бутонизации OF и NPO постепенно превышали NP. Среди них показатели высоты растений и площади листьев показали свою значимость в период цветения и бутонизации, соответственно, что указывает на то, что улучшение агрономических характеристик гречихи татарской при монокультуре с помощью органических удобрений в основном происходит после репродуктивного роста. В течение репродуктивного периода высота растений, толщина стебля и показатель площади листьев при каждой обработке удобрением увеличивались в среднем на 0.82%~72.94%, 30.78%~116.75%, 10.92%~403.03% по сравнению с СК, соответственно. Среди них больше всего увеличился показатель площади листьев.

Таблица 2

Изменения агрономических характеристик татарской гречихи для монокультуры при различных вариантах внесения удобрений в 2022 г.

Период	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период всхода	СК	16.00±1.00c	1.97±0.15c	0.11±0.00c
	NP	27.67±1.15a	4.27±0.38a	0.40±0.02b
	OF	25.00±0.00b	3.83±0.06b	0.39±0.00b
	NPO	26.67±1.53ab	4.10±0.10ab	0.42±0.01a
Период бутонизации	СК	48.40±2.48c	4.43±0.50b	0.66±0.01d
	NP	75.23±0.21b	7.33±0.59a	2.13±0.27c
	OF	79.53±2.91ab	7.60±0.46a	3.32±0.07a
	NPO	82.27±3.55a	7.53±0.76a	2.45±0.03b
Период цветения	СК	97.97±6.06c	4.97±0.42c	1.19±0.02d
	NP	98.77±3.21c	6.50±0.36b	1.32±0.02c
	OF	112.43±3.85b	6.80±0.53b	2.65±0.03b
	NPO	128.53±4.28a	8.57±0.21a	3.42±0.11a
Период созревания	СК	87.10±2.21d	4.83±0.61b	-
	NP	113.57±2.82c	7.37±0.47a	-
	OF	141.63±2.49a	7.53±0.59a	-
	NPO	119.43±3.32b	8.20±0.30a	-
Внесение удобрений (F)		**	**	**

Агрономические характеристики маша при монокультуре демонстрируют постоянную тенденцию к повышению с наступлением репродуктивного периода, а высота растений и толщина стебля достигают своих максимальных значений в период налива зерна (таблица 3). При монокультуре маша высота растений и толщина стебля и площадь листьев после каждой обработки удобрением увеличивались в среднем на 5.07%~13.82%, 0.78%~29.52%, 4.27%~73.49% по сравнению с СК. Высота растений и толщина стебля на стадии ветвления больше всего увеличивались при использовании NP, а после периода цветения - стручкования OF и NPO постепенно демонстрировали преимущество перед NP. Эффект OF улучшения показателя площади листьев был максимальным со времени появления всходов.

Таблица 3

Изменения агрономических характеристик маша для монокультуры при различных вариантах внесения удобрений в 2021 г.

Период	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период ветвления	СК	29.37±0.59b	4.38±0.32a	1.45±0.10d
	NP	32.80±1.14a	5.21±0.62a	1.67±0.07c
	OF	31.87±0.86a	4.99±0.43a	2.52±0.13a
	NPO	33.43±0.90a	4.58±0.29a	2.07±0.13b
Период цветения-стручкования	СК	40.14±0.32b	5.42±0.36b	3.36±0.08d
	NP	43.20±1.71a	5.78±0.99b	3.74±0.09b
	OF	43.80±0.85a	7.02±0.21a	4.37±0.03a
	NPO	42.17±1.05ab	6.18±0.22ab	3.57±0.08c
Период наполнения зерном	СК	47.90±1.35c	5.16±0.66a	1.85±0.12c
	NP	50.33±1.15b	5.20±1.00a	2.09±0.08b
	OF	54.00±0.50a	5.31±0.44a	2.78±0.07a
	NPO	50.70±1.35b	6.20±0.18a	1.98±0.13bc
Период созревания	СК	45.03±0.50b	4.89±0.15b	2.11±0.10b
	NP	49.40±1.25a	5.73±0.44ab	2.20±0.07b
	OF	50.33±1.37a	6.03±0.63a	3.26±0.06a
	NPO	51.00±1.00a	5.88±0.53a	2.20±0.08b
Внесение удобрений (F)		*	**	**

С приближением репродуктивного периода агрономические характеристики групп маша в 2022 году постепенно улучшаются, и, в целом показатели севооборота маша значительно лучше, чем у монокультуры маша (таблица 4). Показатель высоты растений и площади листьев увеличился в среднем на 1.02%~32.42%, 2.77%~113.61% по сравнению с монокультурой маша, соответственно. После периода ветвления толщина стебля увеличилась в среднем на 3,26% до 38,54% по сравнению с монокультурой маша. В целом, севооборот оказал наибольшее влияние на показатель площади листьев. В режиме монокультуры высота растений, толщина стебля и площадь листьев маша при каждой обработке удобрениями увеличивались в среднем на 2.02%~41.38%, 2.28%~55.90%, 12.45%~133.84% по сравнению с СК. Среди них OF оказывает большее влияние на высоту растения и толщину стебля, а NPO - на показатель площади листьев.

Из рис. 3 видно, что относительное содержание хлорофилла (SPAD) в татарской гречихе быстро снижается после периода бутонизации. SPAD севооборотной гречихи татарской в 2021 году была значительно выше, чем у гречихи татарской монокультуры в 2021 году в период созревания, увеличившись в среднем на 8,75%~34,18%. В 2021 и 2022 годах дозировка каждого удобрения для монокультуры гречихи татарской увеличилась в разной степени по сравнению с СК. OF и NPO оказывают наилучшее воздействие на весь период развития растения, в то время как NP воздействует только на ранний период.

SPAD при монокультуре маша постоянно снижалось, в то время как при севообороте маша наблюдалась тенденция сначала к повышению, а затем к снижению (рис. 4). Значения SPAD при монокультуре маша в 2021 и 2022 годах составили 31,4-48,52 и 27,63-47,1 соответственно. Каждая обработка удобрениями была улучшена в той или иной степени по сравнению с СК. SPAD в NPO и NP увеличилось в среднем на 5,66%~27,73% и 1.82%~5.41% (2021 г.), 7.74%~20.63% и 3,62%~8,13% (2022 г.) по сравнению с СК в течение всего репродуктивного периода, соответственно. Значения SPAD маша при севообороте в 2022 году составляет 29,3-49,13, в период цветения - стручкования, а также в период созревания

увеличилась на 1,06%~14,00% и 6,03%~32,71% по сравнению с монокультурой маша, соответственно.

Таблица 4

Изменения агрономических характеристик маша при различных режимах посева и внесении удобрений в 2022 г.

Период	Режим посева	Внесение удобрений	Высота растений (см)	Толщина стебля (мм)	Показатель площади листьев
Период ветвления	CG	СК	29.00±1.00e	4.40±0.26c	1.63±0.05g
		NP	36.00±1.00d	5.37±0.21ab	2.01±0.09e
		OF	41.00±1.00bc	5.37±0.15ab	2.06±0.06de
		NPO	39.00±2.00c	5.33±0.31ab	2.77±0.08b
	RG	СК	36.33±0.58d	4.90±0.17b	1.79±0.02f
		NP	47.67±1.53a	5.37±0.32ab	2.62±0.06c
		OF	42.00±1.00b	5.57±0.38a	2.14±0.05d
		NPO	41.33±1.15b	5.33±0.32ab	3.17±0.05a
<i>Продолжение таблицы 4</i>					
Период цветения стручкования	CG	СК	51.33±0.58d	3.97±0.12e	1.98±0.12f
		NP	59.33±1.53b	6.10±0.10c	2.86±0.09e
		OF	64.67±0.58a	6.17±0.35bc	3.69±0.06d
		NPO	61.00±1.00b	6.07±0.31c	4.63±0.17c
	RG	СК	57.00±1.73c	5.50±0.36d	2.71±0.14e
		NP	64.67±1.53a	6.80±0.10a	5.34±0.04a
		OF	65.33±1.15a	6.57±0.15ab	3.79±0.12d
		NPO	66.00±1.00a	6.30±0.10bc	4.96±0.02b
Период наполнения зерном	CG	СК	55.87±1.3d	6.13±0.15c	2.94±0.13g
		NP	57.00±0.53d	6.27±0.25c	3.43±0.09f
		OF	60.87±0.76c	6.83±0.21b	5.88±0.12d
		NPO	60.60±0.72c	6.43±0.15c	5.06±0.11e
	RG	СК	56.53±1.14d	6.33±0.42c	6.28±0.12c
		NP	65.47±0.74a	7.93±0.25a	7.02±0.09b
		OF	62.57±0.64b	7.17±0.06b	7.04±0.12b
		NPO	61.90±0.70bc	7.23±0.06b	8.07±0.19a
Период созревания	CG	СК	59.80±0.44c	5.83±0.35d	2.65±0.09h
		NP	64.33±2.15bc	6.67±0.50c	2.98±0.10g
		OF	66.27±3.5ab	7.00±0.26bc	4.01±0.17d
		NPO	66.80±2.26ab	6.43±0.15c	3.57±0.11e
	RG	СК	66.37±5.34ab	6.40±0.10cd	3.31±0.18f
		NP	67.37±1.88ab	7.90±0.46a	6.11±0.09b
		OF	68.13±1.07ab	7.33±0.29ab	4.43±0.03c
		NPO	69.97±1.16a	7.43±0.31ab	7.53±0.07a
Режим посева (P)			**	**	**
Внесение удобрений (F)			**	**	**
Режим посева×Внесение удобрений P×F			**	**	**

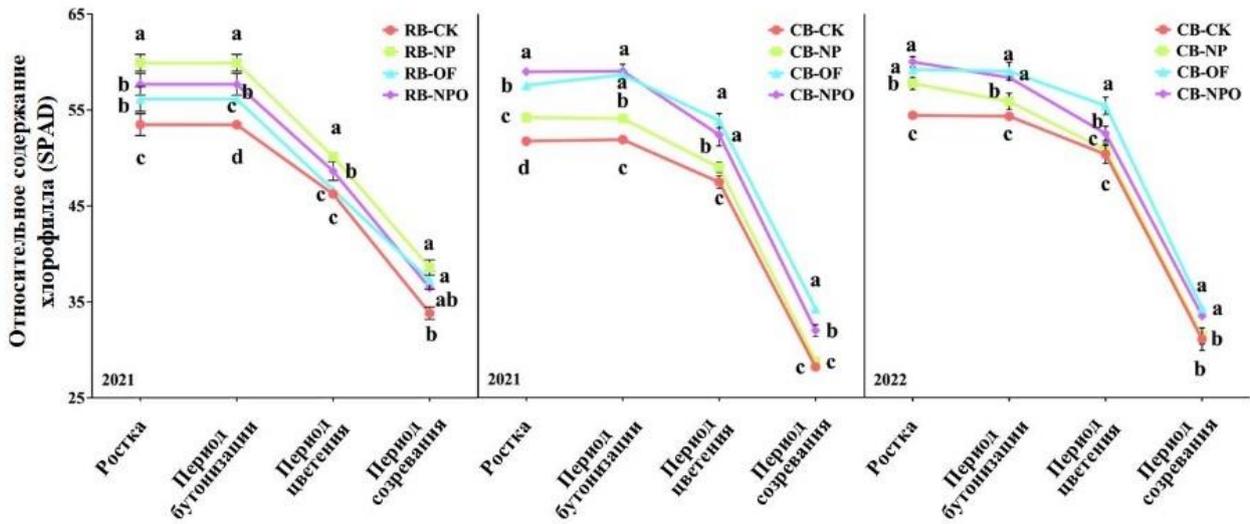


Рис. 3. Изменение относительного содержания хлорофилла (SPAD) в листьях татарской гречихи при различных режимах посева и внесении удобрений

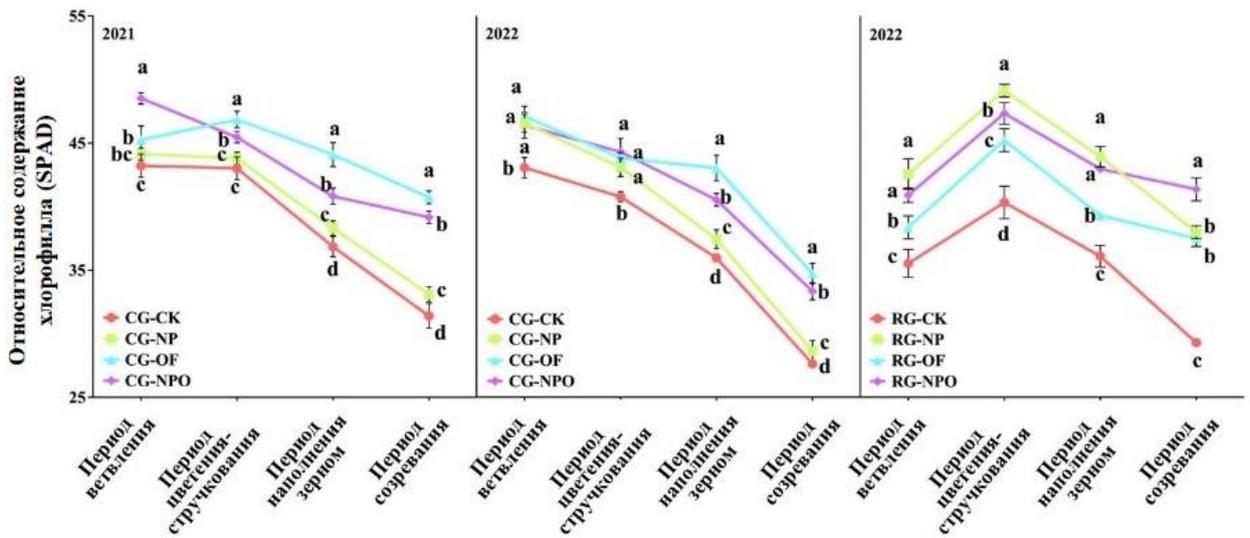


Рис. 4. Изменение относительного содержания хлорофилла (SPAD) в листьях маша при различных режимах посева и внесении удобрений

Тенденция изменения чистой продуктивности фотосинтеза (P_n) гречихи татарской в течение репродуктивного периода при различных режимах посева и обработках удобрениями в основном одинакова: сначала повышается, а затем снижается, достигая своего максимального значения в период цветения (рис. 5). При монокультуре P_n гречихи татарской в 2021 и 2022 годах составит $7,03-23,23 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ и $7,36-29,2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ соответственно. Обработка различными удобрениями улучшилась в разной степени по сравнению с СК. В том числе, внесение OF и NPO увеличилось в среднем на $29,31\% \sim 115,18\%$, а $21,51\% \sim 35,71\%$ (2021 г.), $29,97\% \sim 175,11\%$ и $26,71\% \sim 168,78\%$ (2022 г.) по сравнению с СК, соответственно.

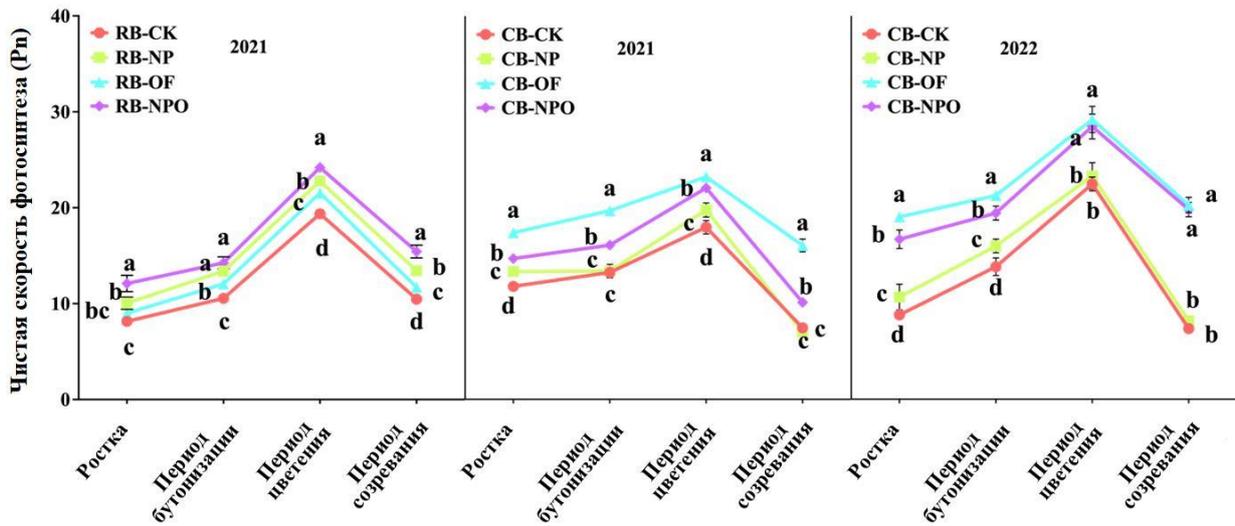


Рис. 5. Изменение чистой скорости фотосинтеза (P_n) гречихи татарской при различных режимах посева и внесении удобрений

На рис. 6 показано, что P_n маша при различных режимах посева и различных обработках удобрениями демонстрирует разные тенденции. В 2021 году общая площадь монокультуры маша продолжит снижаться в течение репродуктивного периода. Монокультура маша в 2022 году и севооборот маша в 2022 году показали тенденцию сначала к росту, а затем к снижению. В 2021 году P_n маша во все периоды составляла $OF > NPO > NP > CK$, а внесение каждого удобрения увеличивалось в среднем на 30.89%~66.67%, 27.49%~65.07%, 7.84%~38.13% по сравнению с СК. P_n маша при севообороте в 2022 году составила $9,1-30,17 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, а в период наполнения зерном увеличился в среднем на 6,90-65,45% по сравнению с монокультурой маша в 2022 году.

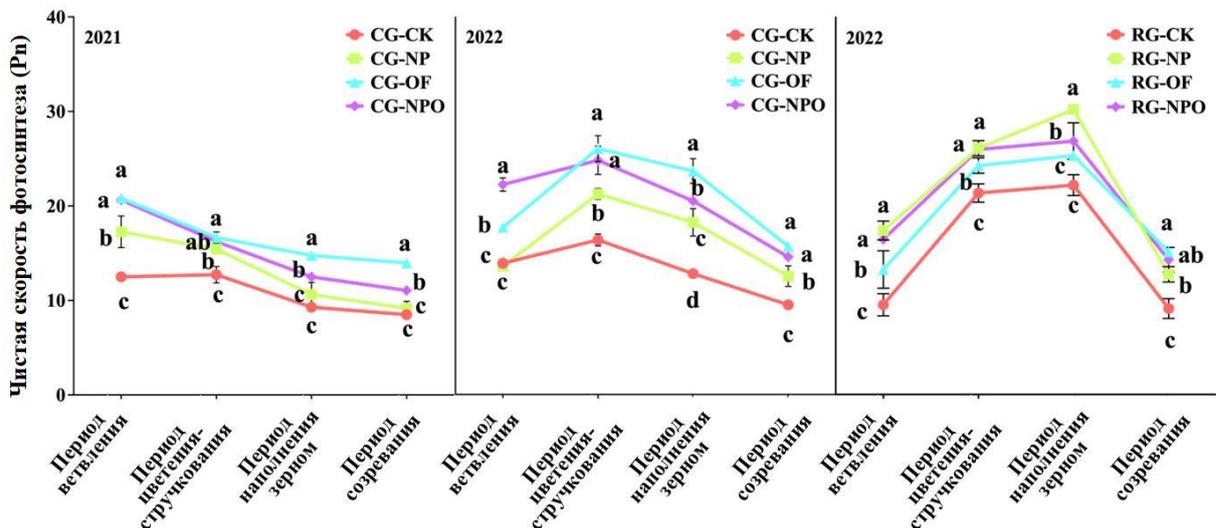


Рис. 6. Изменение чистой скорости фотосинтеза (P_n) маша при различных режимах посева и внесении удобрений

Заключение

Система севооборота гречихи татарской и маша и внесение органических удобрений позволили значительно увеличить высоту растений и толщину стеблей гречихи татарской и маша в период вегетации, увеличить показатель площади листьев и эффективно решить проблемы низкорослости растений и низкой эффективности фотосинтеза, вызванные непрерывным выращиванием. В то же время, относительное содержание хлорофилла и

чистая скорость фотосинтеза в листьях также увеличиваются, тем самым повышая урожайность.

Таким образом, чередование культур татарской гречихи и маша и внесение удобрений могут эффективно уменьшить неблагоприятное воздействие монокультуры на рост и фотосинтетические характеристики татарской гречихи и маша, повысить урожайность обеих культур и эффективно устранить препятствия для монокультуры.

Литература/References

1. Zhang H, Zhao Q, Wang Z, Wang L, Li X, Fan Z, Zhang Y, Li J, Gao X, Shi J. 2021. Effects of nitrogen fertilizer on photosynthetic characteristics, biomass, and yield of wheat under different shading conditions. *Agronomy*. 11(10): 1989-1996
2. Leegood R C, Long S P. 2013. Special Issue: Improving Photosynthesis Preface. *Journal of Experimental Botany*. 64(3): 707-708