

УДК:633.853.494«321»:631.531.048

А. Р. ЦЫГАНОВ, О. С. КЛОЧКОВА, О. Б. СОЛОМКО

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТЫ И СХЕМЫ ПОСЕВА НА ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ И ЧИСТУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ЯРОВОГО РАПСА

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Поступила в редакцию 22.07.2010)

Введение. Важнейшим условием высокой продуктивности посевов является поглощение растениями возможно большего количества солнечной энергии. От того, как протекает фотосинтез, зависят рост и развитие растений, их урожай [1]. Продуктивность фотосинтеза растений определяется суммарной площадью листьев, приростом сухого вещества, длительностью прохождения межфазных периодов.

Густота посевов и посадок – один из сильнейших факторов, определяющих величину площади листьев. Изменяя площади питания растений, можно повышать фотосинтетический потенциал посевов, размеры использования фотосинтетически активной радиации. Излишнее загущение обычно вызывает взаимное угнетение растений и снижение урожаев. Создание оптимальной густоты стояния растений способствует эффективному использованию солнечной энергии, увеличению чистой продуктивности фотосинтеза [2, 3].

Многие ученые исследовали зависимость продуктивности фотосинтеза от норм высева на зерновых, бобовых, крестоцветных и других культурах [4–7]. Особое место в изучении площади питания отводится рапсу. В зависимости от этого показателя у него происходит неодинаковое увеличение площади листьев, стручков, поэтому изучение влияния различных норм высева, схемы посева рапса на фотосинтез позволит выявить наиболее оптимальную площадь питания растений и раскрыть механизмы получения высоких урожаев культуры.

Цель исследований – установить влияние различной густоты стояния растений и схемы посева на величину листовой поверхности и чистую продуктивность фотосинтеза ярового рапса.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2007–2009 гг. на опытном поле «Тушково» кафедры растениеводства БГСХА.

Почва опытных участков дерново-подзолистая, легкосуглинистая, подстилаемая моренным суглинком с глубины 1 м. Содержание гумуса среднее – 1,53–1,60%; подвижных форм фосфора – 232,1–246,0; обменного калия – 261,5–305,7 мг/кг почвы, рН_{KCl} 5,81–6,01. Делянки закладывались вручную при помощи специальных маркеров. Общая площадь делянок – 2 м², учетная – 1 м².

Варианты опыта представляют собой модели площади питания одного растения, ограниченные различной шириной междурядий и расстоянием между растениями в рядке. Ширина междурядий выбрана по показателям, которые обеспечивают серийные сеялки, и варьировала от 7,9 до 50 см, расстояние между растениями в рядке изменялось от 2,5 до 19,4 см. Изучали шесть показателей густоты: 27, 53, 80, 107, 133, 160 шт/м², которые находились в соотношении между собой как 1 : 2 : 3 : 4 : 5 : 6. В пределах каждого показателя густоты закладывали четыре варианта с различным соотношением сторон – от 1,0 : 11,4 до 1,0 : 1,0. Таким образом, конфигурация площади питания одного растения изменялась по вариантам от вытянутого прямоугольника до квадрата.

Для посева использовали элитные семена районированного сорта Антей с лабораторной всхожестью 81,5–82,5%, которые обработаны инсектицидно-фунгицидным протравителем

Круйзер Рапс. Перед посевом из общей массы семян исключали мелкую фракцию. Исследования проводили на фоне минерального питания $N_{120}P_{80}K_{120}$.

В посевах была проведена химическая защита от вредных организмов: три обработки инсектицидом Фастак (150 мл/га) – в фазах листообразования и бутонизации, в конце фазы цветения против болезней использовали фунгицид Пиктор (0,5 л/га).

Площадь листьев измеряли как проекцию их размера и формы на горизонтальную плоскость при помощи специальной компьютерной программы «Листомер», которая создана на базе графического редактора XnView и позволяет быстро и точно измерить площадь сканируемого объекта. Преимущество данной программы перед другими методиками при определении площади листьев заключается в том, что исключается погрешность увядания листьев. На величину площади листьев не влияет жилкование, толщина листа, как, например, при использовании метода высечек. Точность программы проверена при сравнении с известными способами определения площади листьев. [С более детальной характеристикой использования программы, методом работы можно ознакомиться в статье О. Б. Соломки, О. С. Ключковой «Методика определения площади листьев» [8].]

На динамику площади листьев оказывали влияние условия года. В 2007 г. температура воздуха за вегетационный период приближалась к средней многолетней. Значительные колебания по температурному режиму отмечались на протяжении II декады мая – II декады июля. Этот показатель был значительно выше по сравнению с 2008 и 2009 гг. исследований. Существенные осадки выпадали во II декаде июня и на протяжении июля. Вегетационный период 2008 г. характеризовался прохладной, сухой, устойчивой погодой, без существенных колебаний температур, лишь во II декаде июля и II декаде августа температура воздуха была теплее среднего показателя на 2–5 °С. Обильные осадки выпадали во II–III декаде мая и III декаде августа. Погода вегетационного периода 2009 г. умеренно теплая с существенным колебанием осадков по декадам.

Обработку результатов проводили по трем направлениям: с анализом влияния густоты и схемы посева на площадь листьев отдельного растения, площадь листьев на 1 м², чистую продуктивность фотосинтеза.

Влияние густоты и схемы посева на площадь листьев отдельного растения. Густота стояния растений в значительной мере влияет на изменение площади листьев. За период прохождения фаз листообразование – бутонизация (код ВВСН 15–55) при густоте 27 шт/м² площадь листьев увеличилась на 573,28 см²/раст., а за фазы бутонизация – цветение (код ВВСН 56–65) прирост при той же густоте составил 99,65 см²/раст. (рис. 1). При густоте 160 шт/м² прирост за период листообразование – бутонизация составил 43,51 см²/раст., к фазе бутонизация – цветение – лишь 0,28 см²/раст.

В фазе розетки растений заметно влияние густоты стояния растений на величину площади листьев. Однако различное расположение растений по площади при одинаковой густоте не оказывает существенного влияния на этот показатель. Интенсивное развитие листовых пластинок происходит в фазе листообразование – бутонизация. В фазе цветения увеличение площади листьев с 1 растения замедляется, а при густоте посева 160 шт/м² – уменьшается. Это связано с тем, что в чрезмерно загущенных посевах нижние листья опадают раньше, чем в изреженных, что ведет к снижению их площади.

Изменение величины площади листьев в изреженных посевах происходит интенсивнее, чем в загущенных. Так, в фазе бутонизации площадь листьев при густоте 27 шт/м² составила 850,41 см²/раст., что в 3,4 раза больше, чем при густоте 160 шт/м². В фазе бутонизации отчетливо видно, что с увеличением междурядий и уменьшением расстояния между растениями в рядке при одинаковой густоте площадь листьев уменьшается. Так, в фазе цветения при густоте 27 шт/м² и схеме посева 19,4 × 19,4 см площадь листьев составила 1028,41 см²/раст., что на 145,46 см² больше, чем при схеме посева 7,5 × 50 см. Наибольшая площадь листьев в фазе цветения была получена при схеме посева 19,4 × 19,4 см (27 шт/м²); наименьшая – 2,5 × 25 см (160 шт/м²).

Рост растений рапса не прекращается на протяжении всего вегетационного периода. Стручки увеличиваются в размерах, тем самым увеличивается их площадь и фотосинтезирующая спо-

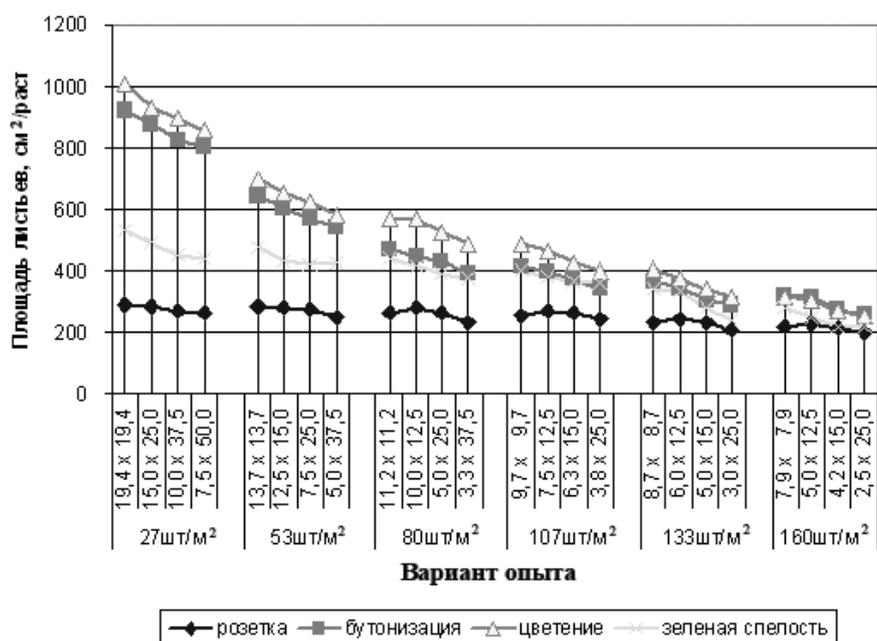


Рис. 1. Влияние различной густоты стояния и схемы посева на динамику площади листьев отдельного растения, среднее за 2007–2009 гг. (В фазе зеленой спелости представлена площадь поверхности стручков. То же для рис. 2,3)

способность. При наступлении фазы зеленой спелости листья опадают, и фотосинтез происходит за счет зеленых стручков (код ВВСН 71–79). В среднем при густоте 27 шт/м² в фазе зеленой спелости площадь стручков составила 512,41 см²/раст., что в 1,8 раза больше, чем при густоте 160 шт/м².

Влияние густоты и схемы посева на площадь листьев на 1 м². Анализ нарастания листовой поверхности в расчете на единицу площади показал, что в фазах листообразования и бутонизации ее площадь на 1 м² увеличивается с загущением посева. В фазе листообразования при густоте 27 шт/м² площадь листьев составила 0,74 м²/м², что в 4,5 раза ниже, чем при густоте 160 шт/м² (рис. 2). В этой фазе идет равномерное увеличение листьев, еще нет взаимоугнетения, конкуренции за основные факторы среды, поэтому площадь листьев была больше там, где произрастало большее количество растений.

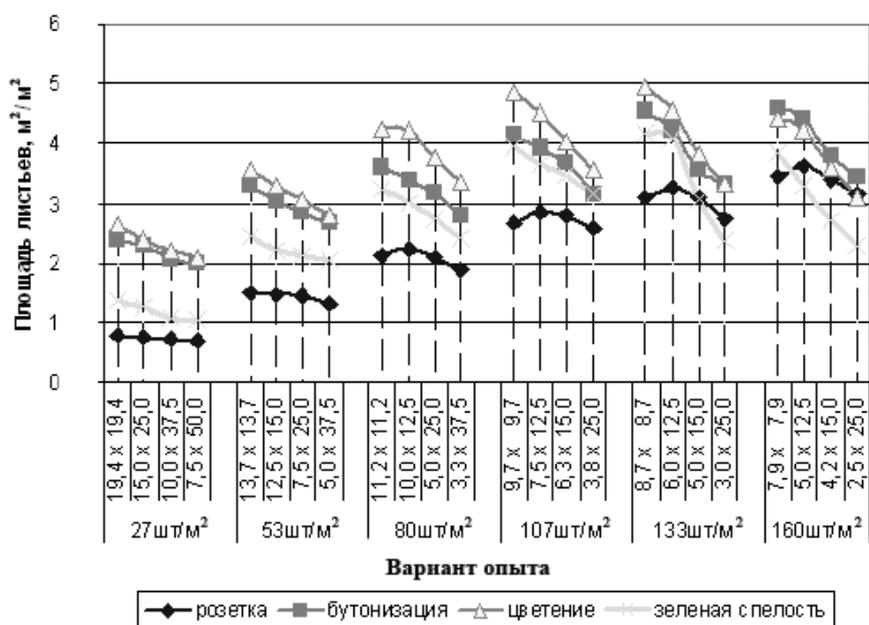


Рис. 2. Влияние различной густоты стояния и схемы посева на динамику площади листьев, среднее за 2007–2009 гг.,

Наибольшая площадь листьев в фазе цветения ($3,96 \text{ м}^2/\text{м}^2$) и площадь стручков в фазе зеленой спелости ($4,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$) были получены при густоте растений $107 \text{ шт}/\text{м}^2$. С увеличением междурядий и загущением между растениями в рядке площадь листьев уменьшалась. Например, в фазе цветения при густоте $53 \text{ шт}/\text{м}^2$ и в схеме посева $13,7 \times 13,7 \text{ см}$ площадь листьев составила $3,58 \text{ м}^2/\text{м}^2$, а при схеме посева $5 \times 37,5 \text{ см}$ уменьшилась до $2,85 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Максимальная площадь листьев сформировалась в фазе цветения у вариантов при квадратных схемах посева $9,7 \times 9,7 \text{ см}$ ($107 \text{ шт}/\text{м}^2$) и $11,2 \times 11,2 \text{ см}$ ($80 \text{ шт}/\text{м}^2$).

Влияние густоты и схемы посева на чистую продуктивность фотосинтеза. Изменения сухой биомассы растений и площади листьев объективно отражают ассимиляционную деятельность растений. Прирост сухой биомассы растений за определенный период времени в расчете на единицу листовой поверхности характеризует чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

ЧПФ постепенно возрастает с увеличением густоты стояния от 27 до $80 \text{ шт}/\text{м}^2$ и достигает максимального значения при густоте $107 \text{ шт}/\text{м}^2$, при дальнейшем загущении посева он снижается. В фазе бутонизации этот показатель был минимальным и при густоте $27 \text{ шт}/\text{м}^2$ составил $7,23 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$, наибольший при густоте $107 \text{ шт}/\text{м}^2$ – $9,93 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$. При дальнейшем загущении посева до 133 – 160 растений на 1 м^2 ЧПФ снижался до $7,46 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$.

За время прохождения фаз листообразование – цветение происходит увеличение ЧПФ в $1,7$ – $2,6$ раза в зависимости от варианта густоты посева. В фазе зеленой спелости фотосинтез идет только за счет зеленых стеблей и стручков, поэтому он снижается в $1,1$ – $1,3$ раза по сравнению с фазой цветения.

Величина ЧПФ в разные годы колебалась. Так, наибольший показатель ЧПФ в 2007 г. был получен в фазе цветения при схеме посева $25,0 \times 2,5 \text{ см}$ ($160 \text{ шт}/\text{м}^2$), в 2008 и 2009 гг. в фазе бутонизации – $25,0 \times 3,8 \text{ см}$ ($107 \text{ шт}/\text{м}^2$) и $37,5 \times 3,3 \text{ см}$ ($80 \text{ шт}/\text{м}^2$) соответственно.

В фазах цветения и зеленой спелости ЧПФ возрастает по мере загущения растений в рядке при одинаковой густоте стояния (рис. 3). Это объясняется тем, что накопление сухой биомассы с загущением растений в рядке увеличивается, а площадь листьев уменьшается, а так как ЧПФ – это отношение прироста сухой массы к площади листьев, то, естественно, при загущении растений в рядке она будет увеличиваться.

Заключение. Наибольшая листовая поверхность на 1 м^2 в фазе цветения и площадь поверхности стручков в фазе зеленой спелости образуется при густоте $107 \text{ шт}/\text{м}^2$ – $3,96$ и $4,23 \text{ м}^2/\text{м}^2$ со-



Рис. 3. Влияние различной густоты стояния растений и схемы посева на ЧПФ, среднее за 2007–2009 гг.

ответственно. С увеличением междурядий и загущением между растениями в рядке при неизменной густоте площадь листьев уменьшается. Высокие показатели площади листьев были получены при квадратных схемах посева $9,7 \times 9,7$ см (107 шт/м²) и $11,2 \times 11,2$ см (80 шт/м²) – 4,40 и 4,24 м²/м².

Наибольший показатель ЧПФ отмечен при густоте стояния растений 107 шт/м² – 9,93 г/м²·сут в фазе бутонизации. ЧПФ возрастает с уменьшением расстояния между растениями в рядке при одинаковой площади питания.

Литература

1. Физиология сельскохозяйственных растений: в 12 т. / редкол.: А. И. Опарин. (ред.) [и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1967. – Т. 2. – 493 с.
2. Тарасенко, С. А. Практикум по физиологии и биохимии: практ. пособие / С. А. Тарасенко, Е. И. Дорошкевич. – Гродно: Облиздат, 1995. – 122 с.
3. Лебедев, С. И. Физиология растений / С. И. Лебедев. – М.: Колос, 1982. – 463 с.
4. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1963. – 159 с.
5. Нормы высева, способы посева и площади питания сельскохозяйственных культур: сб. ст. / под общ. ред. И. И. Синягина [и др.]. – М.: Колос, 1970. – 472 с.
6. Доросева, Н. Я. Влияние норм высева на урожайность семян и зеленой массы люпина / Н. Я. Доросева // Земледелие и растениеводство Белорусского Полесья: сб. науч. тр. – Мозырь, 2002. – С. 132–135.
7. Шлапунов, В. Н. Нормы высева семян и фотосинтезирующая поверхность ярового рапса / В. Н. Шлапунов, В. А. Радовня // Актуальные проблемы агрономии и пути их решения: материалы междунар. науч.-практ. конф., 16–18 янв. 2005 г. – Вып. 1: Биологические основы адаптивного растениеводства. – Горки, 2005. – Ч. 1. – С. 197–200.
8. Клочкова, О. С. Методика определения площади листьев / О. С. Клочкова, О. Б. Соломко // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы XI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, магистрантов и студентов, 25–26 февр. 2010 г. – Горки, 2010. – С. 120–125.

A. R. TSYGANOV, O. S. KLOCHKOVA, O. B. SOLOMKO

INFLUENCE OF DIFFERENT DENSITIES AND SCHEME OF SOWING ON THE SIZE OF LEAVES AND NET PRODUCTIVITY OF PHOTOSYNTHESIS OF SPRING RAPE PLANTS

Summary

The research shows that the largest size of leaves per m² in the phase of flowering and the size of pods in the phase of green maturity are formed on average when the density of plants is 107 per m². The size of leaves decreases when the distance between plants in rows increases. With the following planting schemes of 9.7×9.7 and 11.2×11.2 cm – 4.40 and 4.24 m²/m² large sizes of leaves are received.

The highest result of photosynthesis net productivity is obtained when the density is 107 per m² – 9.93 g/m² a day. Photosynthesis net productivity increases with the decrease of the distance between plants in a row when the square of feeding is the same.