

УДК 631.452:631.445.25:631.46:632.112(470.31)

## ВЛИЯНИЕ ПЛОДРОДИЯ АГРОСЕРОЙ ПОЧВЫ НА АКТИВНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ ЗАСУХИ В НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЕ РОССИИ

© 2020 г. Р. Н. Ушаков<sup>1,\*</sup>, А. В. Ручкина<sup>1</sup><sup>1</sup> Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева  
390044 Рязань, ул. Костычева, 1, Россия

\*E-mail: nasni91@gmail.com

Поступила в редакцию 28.11.2019 г.

После доработки 20.12.2019 г.

Принята к публикации 10.03.2020 г.

Демпфирующий для почвенной засухи эффект на растения выражается в способности гумуса запастись ресурсами (воду, элементы питания, энергию для почвенных процессов), с одной стороны, и влиять на их использование растениями в условиях стресса, с другой стороны. Поэтому цель исследований состояла в оценке почвенной засухи и изучении стимулирующего эффекта почвенного плодородия агросерой почвы (как показателя средообразующего потенциала) на микробиологическую активность. Изучали протеолитическую и целлюлозолитическую активность, а также активность азотобактера, количество основных групп микроорганизмов. На формирование урожайности зерна яровых культур влияние оказывали майские осадки, динамика которых указывала на усиление засушливости, а также гидротермические условия июня. В отсутствии майских и июньских осадков вероятность получения урожайности зерна яровых культур  $>2.0$  т/га составляла всего 11%. Улучшение водообеспеченности в мае повышало вероятность до 70%. Если улучшение проявлялось только в июне, вероятность снижалась до 24%. При величине ГТК мая и июня  $\approx 1.0$  вероятность получения рентабельной урожайности зерна была  $\geq 3.0$  т/га и составляла 79%. При ГТК июня  $<0.7$ , урожайность была наиболее зависимой от гидротермических условий мая. В длительных полевых опытах с удобрениями установлена тесная связь ( $R = 0.7-0.9$ ) урожайности культурных растений от величины ГТК и доз удобрений. Совместное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в дозе 60–80 кг д.в./га позволило в засушливых условиях на агросерых почвах получать устойчивую урожайность яровой пшеницы и ячменя  $\approx 3.0$  т/га, картофеля – 14.4–16.5 т/га. Увеличение в агросерой почве содержания гумуса стимулировало жизнедеятельность почвенных микроорганизмов в условиях почвенной засухи. Закономерности активности азотобактера были аналогичными.

*Ключевые слова:* плодородие, агросерая почва, засуха, микробиологическая активность, гумус.

DOI: 10.31857/S0002188120060137

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из факторов, лимитирующих продуктивность сельскохозяйственных растений, является почвенная засуха. В условиях богарного земледелия возникают проблемы минимизации рисков от засухи для получения запрограммированных урожаев. В этом случае необходимо исходить из понимания сложной средообразующей функции почвы. Несмотря на отсутствие взаимозаменяемости земных факторов, стимулирующие эффекты друг на друга исключать нельзя. Они проявляются благодаря почвенному плодородию, его субстантивному началу – органическому веществу, в частности, гумусу. Демпфирующий для почвенной засухи эффект на растения выражается в способности гумуса запастись ресурсами (воду, элемен-

ты питания, энергию для почвенных процессов), с одной стороны, и влиять на их использование растениями в условиях стресса, с другой стороны.

Рискованность земледелия в южной части Нечерноземной зоны РФ обусловлена проявлением почвенной засухи. Свыше 50% территории России (в отдельные годы до 75%) страдает от засухи. В целом в России в XII в. было 6 засух, в XVI, XVIII, XIX вв. – 9, 32, 70 соответственно, в XX в. количество увеличилось до 77. В настоящее время свыше 50% территории страны страдает от засухи [1]. В работах [2, 3] сказано об усилении тенденции к засушливости в континентальных районах умеренных широт. Отмечено, что согласно полученным проекциям [4], к концу XXI в. площадь суши, которая может одновременно подвергаться

**Таблица 1.** Агрохимические свойства агросерой почвы

| Вариант | Гумус, %      | $C_{ГК} : C_{ФК}$ | $P_2O_5$ , мг/кг | $K_2O$ , мг/кг | $pH_{KCl}$    | $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ , мг-экв/100 г |
|---------|---------------|-------------------|------------------|----------------|---------------|------------------------------------|
| ВГП     | $2.0 \pm 0.3$ | $2.2 \pm 0.1$     | $110 \pm 22$     | $70 \pm 10$    | $5.5 \pm 0.1$ | $23.0 \pm 0.7$                     |
| НГП     | $5.4 \pm 0.7$ | $2.6 \pm 0.1$     | $466 \pm 10$     | $407 \pm 23$   | $6.0 \pm 0.3$ | $46.3 \pm 0.6$                     |

Примечание. ВГП – высокогумусированная почва, НГП – низкогумусированная почва.

воздействию экстремальной засухи, увеличится в 10–30 раз.

За период с 1891 по 2012 г. в России отмечено 33 сильных засухи в 3–7 крупных зернопроизводящих районах. За указанный выше период повторяемость таких сильных и обширных засух, охватывавших не менее 30% посевных площадей в регионах России, составила в Поволжском регионе 27, в Центрально-Черноземном, Уральском и Северо-Кавказском – 19–22, в Центральном, Волго-Вятском и Западно-Сибирском – 10–13% [5, 6].

По мнению ряда авторов, негативные последствия проявления засух в земледелии можно минимизировать за счет соответствующих мероприятий [7–11]. Эффективным по проявлению и времени способом борьбы с засухой является повышение плодородия почв. Учитывая высокую экологическую уязвимость почвенных обитателей к стрессовым условиям, в частности, к дефициту воды, их можно использовать для изучения гомеостатической функции плодородия почвы. Под ней можно понимать способность плодородия почвы обеспечивать устойчивые проявления представителями почвенной биоты их жизненных функций. На наш взгляд, такое понимание плодородия почвы позволяет более углубленно осознать его важную роль.

Анализ литературных данных указывает на наличие скудных сведений в отношении возможности использования почвенных обитателей для определения устойчивости почвы. Гораздо больше информации о растениях [12–15]. Поэтому полагаем, что исследования, направленные на изучение снижения рисков от почвенной засухи за счет улучшения плодородия почвы, как фактора, усиливающего проявление средообразующей функции, в которой важную роль играет органическое вещество, являются актуальными.

Поэтому цель работы – оценка влияния почвенной засухи и изучение стимулирующего эффекта почвенного плодородия (как показателя средообразующего потенциала) на микробиологическую активность агросерой почвы.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

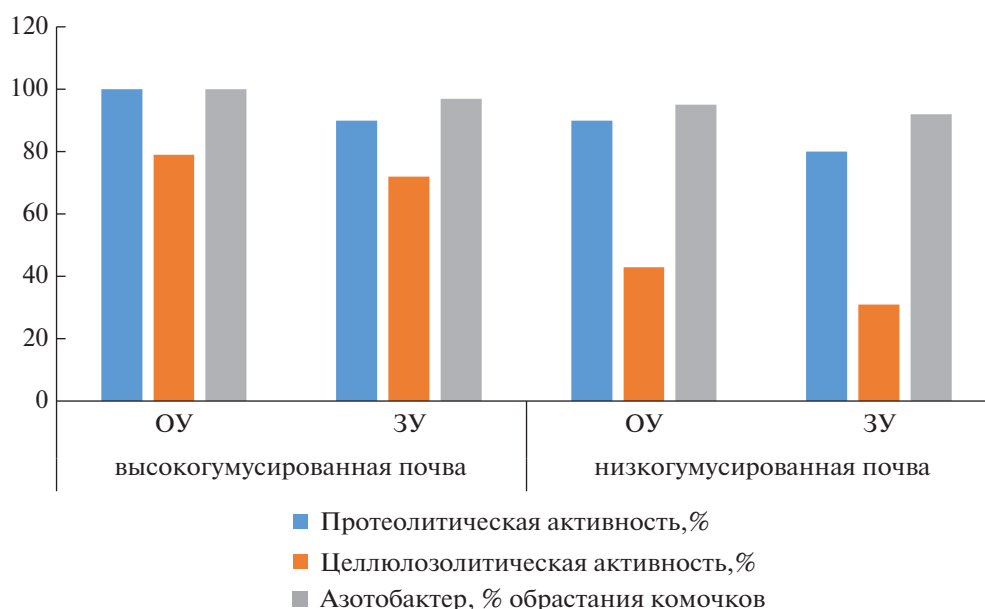
Для оценки почвенной засухи использованы погодные условия мая и июня (критические пе-

риоды) южной части Нечерноземной зоны РФ, начиная с 1942 г. Рассчитывали гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). На основе сопоставления ГТК с урожайными данными культурных растений выведены уравнения регрессии. Схема опытов представляла 2 контрастных варианта агросерой тяжелосуглинистой почвы, различавшихся по уровню плодородия – низкогумусированной и высокогумусированной. Данные варианты представлены территориальными участками одной геохимической фации с ровным рельефом.

В опытах с моделированием почвенной засухи использованы почвенные образцы, отличавшиеся по содержанию гумуса: 2.0% (низкогумусированная почва) и 5.4% (высокогумусированная почва) (табл. 1) [16]. Почвенные образцы просеивали через сито 2 мм и подсушивали в течение 3-х сут (естественная сушка) до 14%-ной влажности от сухой почвы (естественное испарение) и поддерживали в таком состоянии в течение 10 сут. В вариантах с постоянным оптимальным условием увлажнения низкогумусированной и высокогумусированной почвы содержание воды на протяжении всего времени экспозиции 30 сут было в пределах 25–30% от сухой почвы. Изучали протеолитическую и целлюлозолитическую активность, а также активность азотобактера, количество основных групп микроорганизмов. Использовали прямое микроскопирование.

Микробиологические исследования проводили общепризнанными методами в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина (г. Пушкино). В качестве основного приема предварительной обработки образцов почв для анализа численности бактерий использовали ультразвуковое диспергирование (22 кГц, 0.44 А, 2 мин) на низкочастотном диспергаторе УЗДН-1.

Грибы определяли на сусло-агаре, целлюлозо-разлагающие бактерии – на среде Имшенецкого–Солнцева с карбоксиметилцеллюлозой, актиномицеты – методом посева почвенной суспензии на среду R2A (Difco) с добавлением почвенного экстракта, нистатина и налидиксовой кислоты, аммонифицирующие бактерии – на



**Рис. 1.** Некоторые показатели биологической активности агросеры почвы в зависимости от условий увлажнения и гумусированности: ОУ – оптимальные условия, ЗУ – засушливые условия.

органических и синтетических средах. Изучение активной микрофлоры проводили модифицированным методом Холодного на агаризованных стеклах. Содержание азотобактера определяли на среде Эшби методом почвенных комочков, протеолитическую активность – на желатиновом субстрате. Активность определяли по разложению желатина (%).

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методами дисперсионного, корреляционного, регрессионного и других видов статистического анализа [16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Нечерноземной зоне РФ за 1942–1981 гг. число лет с весенними осадками <43 мм составило 21, за последние 30 лет – 16 лет. Расчет коэффициента соответствия  $\chi^2$  показал, что между указанными периодами в отношении осадков существуют достоверные различия:  $\chi^2$  составил 4.27 при уровне значимости 0.0389. В 7-ми случаях из 21-го количество весенних осадков составило <20 мм, средний показатель – 34 мм, в то время как за длительный период 1942–1981 гг. это было в 3-х случаях из 40. В среднем более чем за 60 лет наибольшая вероятность осадков (>50%) была в диапазоне величин от 10 до 40 мм. При этом за последние годы вероятность составила уже 76%.

Не менее значимыми, чем майские осадки, являются и июньские, хотя тесная корреляционная

зависимость отсутствовала ( $r < 0.5$ ). При некоторых комбинациях влияния майских и июньских ГТК на урожайность яровых зерновых культур получены вероятностные уравнения. В отсутствие майских и июньских осадков вероятность получения урожайности зерна 2.0 т/га составила 11%. Улучшение водообеспеченности в мае повышало ее до 70%. При ГТК мая и июня  $\approx 1.0$  полученные урожайности зерна 3.0 т/га возможно в 79% случаях.

Была установлена зависимость урожайности яровых зерновых культур от величины ГТК мая в случаях, когда ГТК июня был меньше и больше 0.7. Рассчитано, что при ГТК июня <0.7 урожайность становится наиболее зависимой от гидротермических условий мая, что видно по величине коэффициента регрессии, который составил 6.55, в то время как при ГТК июня >0.7 – 0.164 т/га. По уравнениям рассчитано, что при ГТК мая = 0.5 и июня <0.7 урожайность зерна, вероятно, не превысит 1.0 т/га, при ГТК июня >0.7 она могла быть 1.7–1.9 т/га. Таким образом, вероятность усиления засушливости климата в южной части Нечерноземной зоны в весеннее время высокая [17, 18].

Биологические показатели почвы отражают потенциал ее средообразующей функции плодородия в условиях почвенной засухи. Установлено, что протеолитическая активность высокогумусной агросеры почвы была на 10% больше по сравнению с низкогумусированной почвой как

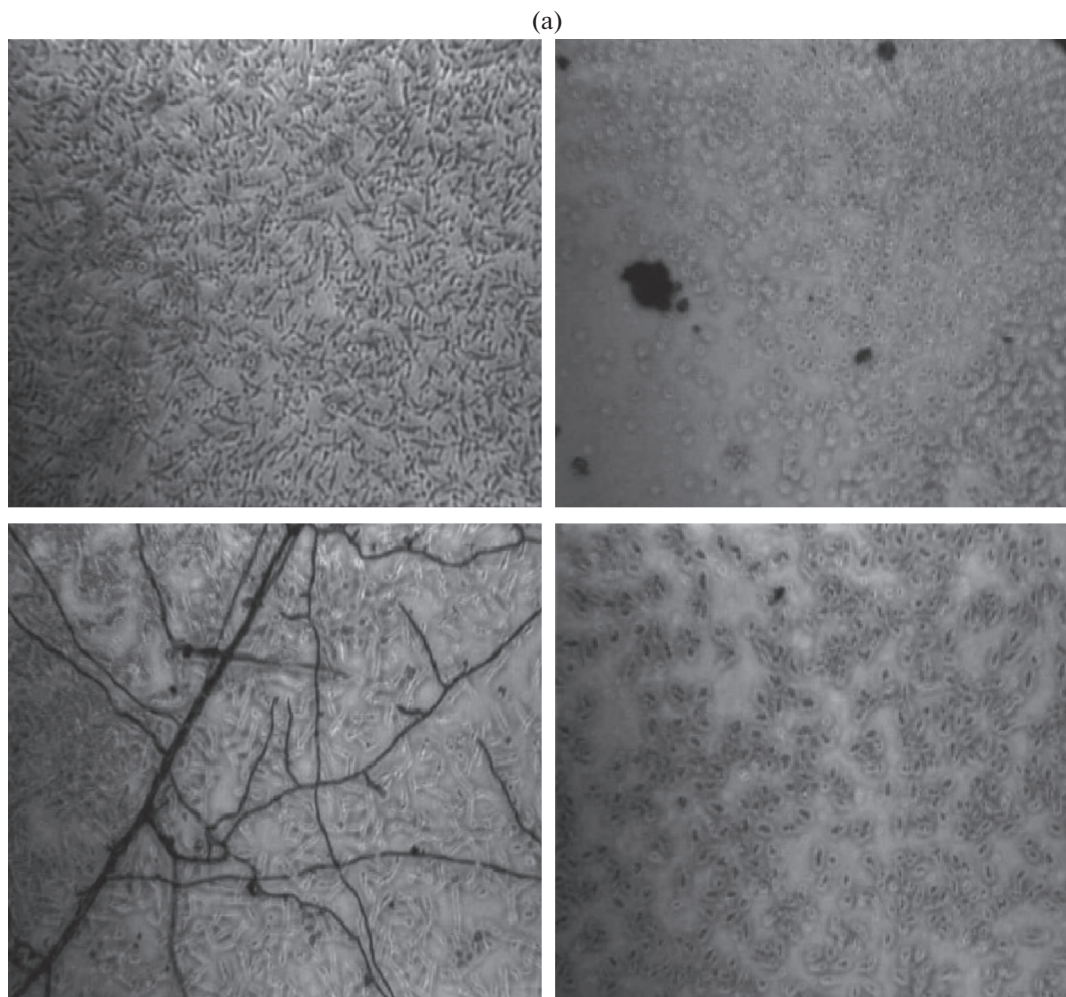


Рис. 2. Микрофлора высокогумусированной почвы: (а) – с нормальным увлажнением, (б) – при засухе.

при оптимальном условии увлажнения, так и при засухе ( $HCP_{05} = 5.5\%$ ) (рис. 1).

Целлюлозолитическая активность в значительной степени зависит от влажности и, таким образом, отражает почвенные условия. При этом целлюлозолитическая активность агросерой высокогумусированной и низкогумусированной почвы при оптимальном увлажнении была достаточно высокой – 79 и 72% соответственно. В условиях засухи целлюлозолитическая активность достоверно снизилась в большей степени в низкогумусированной почве ( $HCP_{05} = 13\%$ ). Аналогичные выводы получены и при изучении активности азотобактера.

Результаты прямого микроскопирования показали, что высокогумусированная почва с оптимальной влажностью отличалась плотным обрастанием с преобладанием бактерий (рис. 2а): показано активное развитие бактериальных палочек различной длины. Микроскопические грибы раз-

вивались менее активно и занимали меньшую площадь. В условиях почвенной засухи состав активной микрофлоры высокогумусированной почвы менялся (рис. 2б). Площадь, занимаемая бактериями, уменьшилась за счет развития актиномицетов, которые хорошо развиваются при недостатке влаги. Для микроскопических грибов малое количество влаги также являлось препятствием для активного развития, и их гифы не образовывали полного сплетения, которое обычно бывает во влажных условиях.

При оптимальном увлажнении низкогумусированной почвы преобладали микроскопические грибы, которые образовывали плотное переплетение гиф (рис. 3а). На некоторых участках отмечены покоящиеся формы микроскопических грибов. Встречались скопления почвенных дрожжей.

При засухе в низкогумусированной почве обрастание резко менялось: появились в значительном количестве мелкие бактериальные клетки

(б)

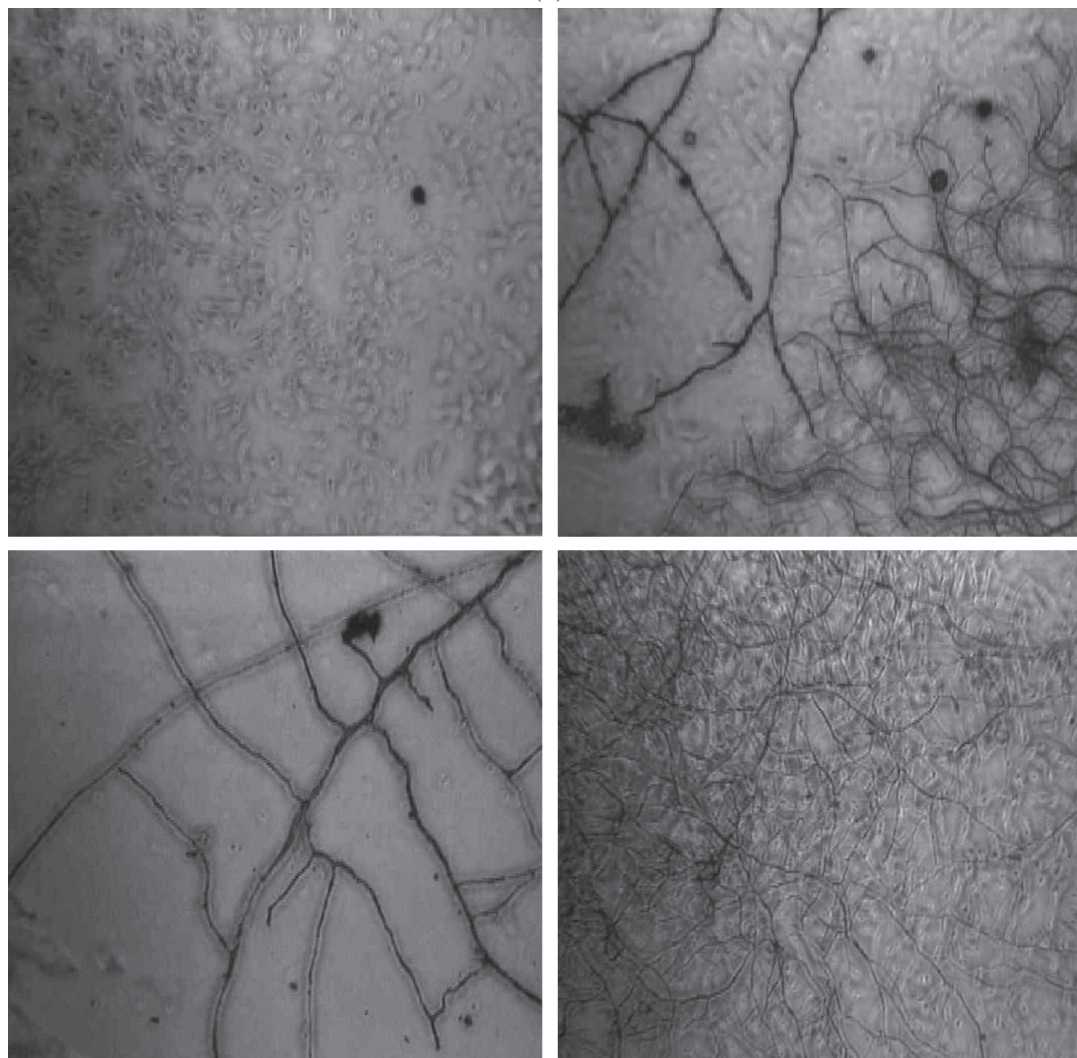


Рис. 2. Окончание.

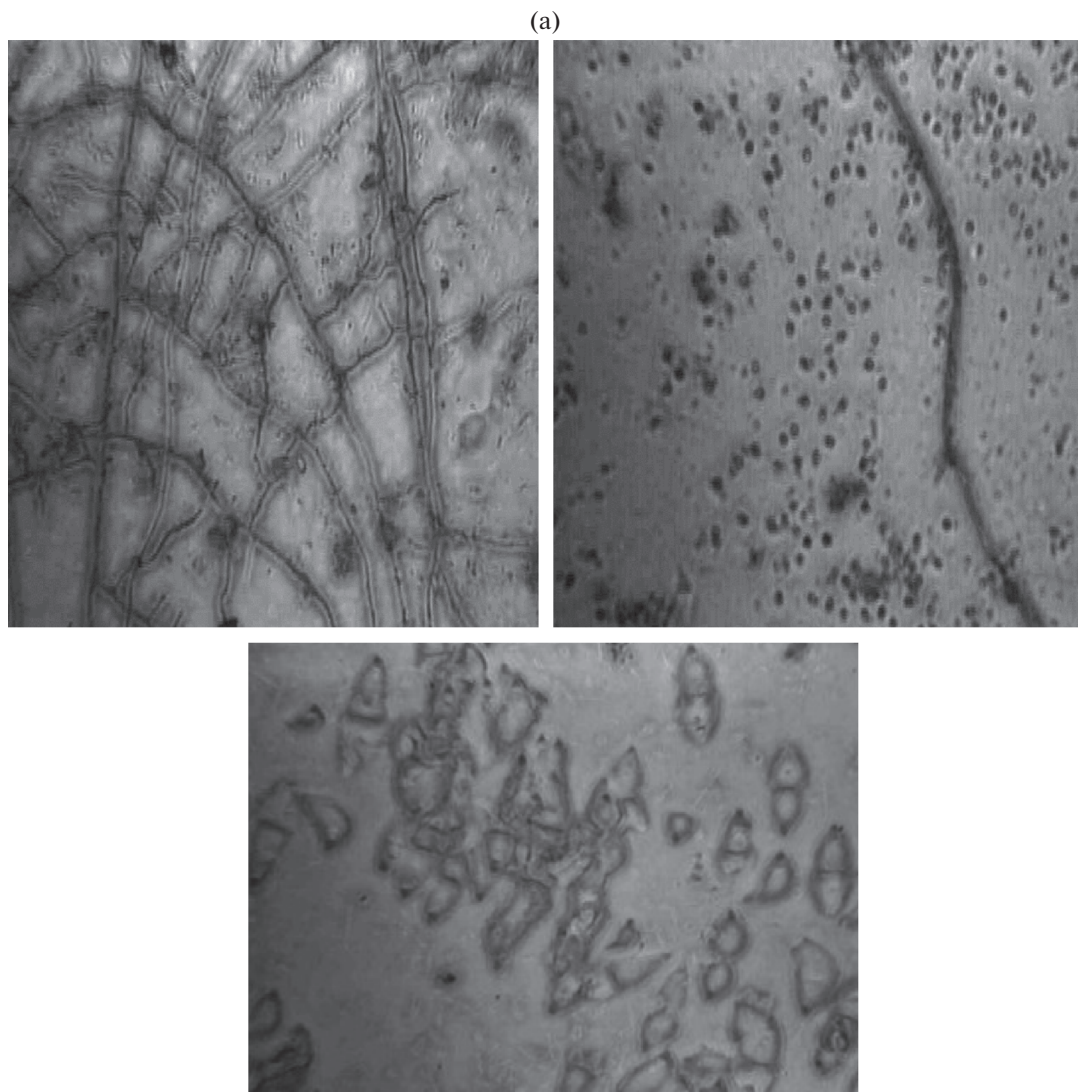
(рис. 3б). Развитие микроскопических грибов сильно ослабло, доминантными стали актиномицеты, для развития которых пониженное содержание влаги не явилось препятствием.

Микробиологическая устойчивость к засухе во многом зависит и от степени соответствия других экологических факторов физиологическим потребностям почвенных микроорганизмов. Можно предположить, что сдерживаемая неблагоприятным экологическим состоянием микробиологическая жизнедеятельность в большей степени уязвима почвенной засухой [19–21].

Увеличение содержания гумуса в агросерой почве стимулировало жизнедеятельность почвенных микроорганизмов в условиях почвенной засухи (табл. 2). Численность грибов в высокогумусированной почве при содержании воды <15%

было больше на  $1.5 \times 10^6$  КОЕ/г в сравнении с низкогумусированным вариантом ( $0.2 \times 10^6$  КОЕ/г), аммонифицирующих бактерий – на  $5.9 \times 10^6$  КОЕ/г ( $4.7 \times 10^6$  КОЕ/г), бактерий, ассимилирующих азот минеральных солей, – на  $0.5 \times 10^6$  КОЕ/г ( $0.4 \times 10^6$  КОЕ/г), нитрифицирующих бактерий – на  $15.2 \times 10^6$  КОЕ/г ( $1.6 \times 10^6$  КОЕ/г), целлюлозоразлагающих бактерий – на  $2.3 \times 10^6$  КОЕ/г ( $1.6 \times 10^6$  КОЕ/г) и актиномицетов – на  $31.9 \times 10^6$  КОЕ/г ( $7.8 \times 10^6$  КОЕ/г). Отмечено наибольшее количество по сравнению с низкогумусированной почвой грибов, аммонифицирующих и целлюлозоразлагающих бактерий, актиномицетов.

Несмотря на то что в высокогумусированной почве численность грибов достоверно превышала низкогумусированную почву при оптимальных



**Рис. 3.** Микрофлора низкогумусированной почвы: (а) — с нормальным увлажнением, (б) — в условиях засухи.

условиях увлажнения на  $0.598 \times 10^6$  КОЕ/г почвы, моделированное проявление засухи не оказало влияния на угнетение жизнедеятельности грибов при сравнительном анализе. Более того, в высокогумусированной почве при засухе отмечали увеличение их количества до  $1.75 \times 10^6$  КОЕ/г, что, на наш взгляд, связано с наличием у грибов более эффективных приспособительных функций к недостатку воды и на этом фоне повышенного конкурентного потенциала в неблагоприятных условиях. Этот же вывод справедлив и для актиномицетов с той лишь разницей, что нами зафиксировано заметное увеличение ее численности с действием неблагоприятного фактора в неплодородной почве до  $7.81 \times 10^6$  КОЕ/г по сравнению с ее количеством в оптимальных условиях ( $2.65 \times 10^6$  КОЕ/г). Это связано с тем, что актино-

мицеты и микроскопические грибы обладают высоким конкурентным потенциалом, обусловленным повышенным в сравнении с другими группами микроорганизмов осмотическим давлением в клетке. В опыте снижение водообеспеченности почвы не оказало отрицательного влияния на актиномицеты и грибы, поэтому различий в их численности в вариантах увлажнения не обнаружено [22–24].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Риски земледелия в южной части Нечерноземной зоны РФ во многом связаны с проявлением почвенной засухи, в особенности если она во времени совпадает с посевом яровых зерновых культур, начальными периодами их роста и развития.

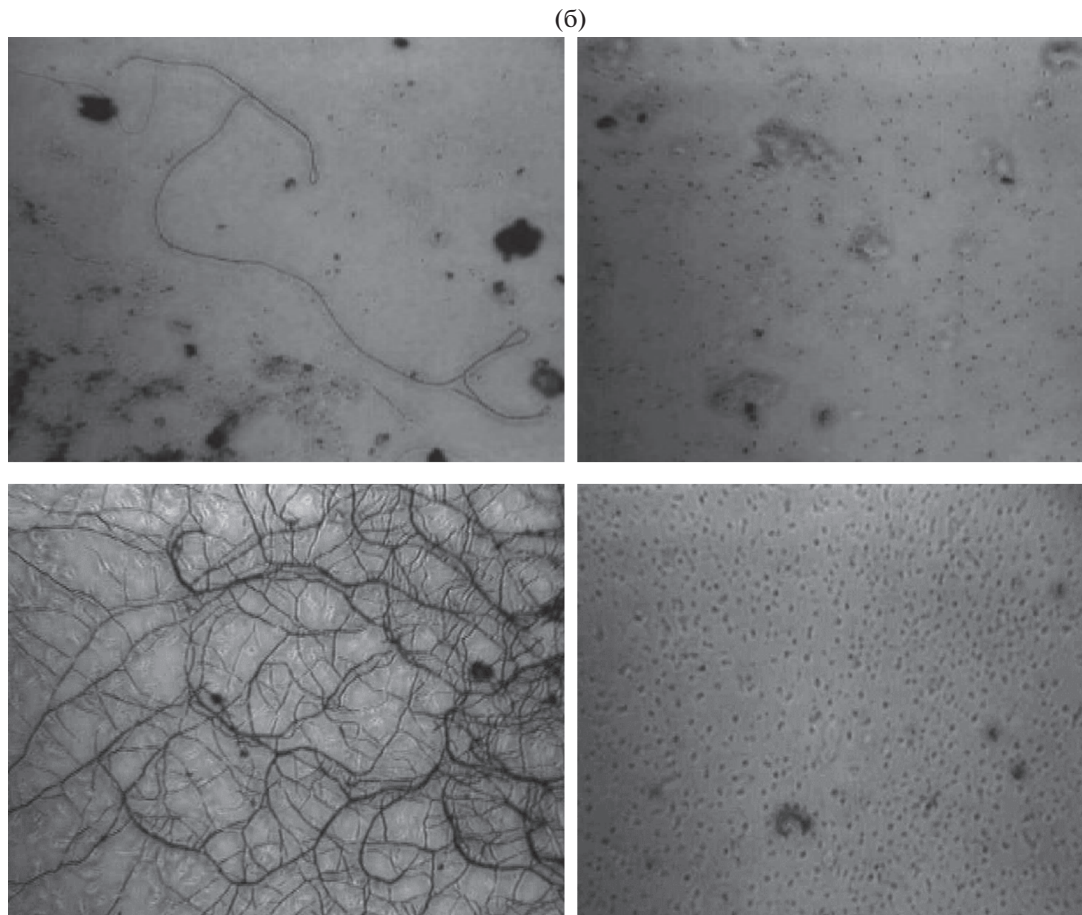


Рис. 3. Окончание.

В последнее время засуха усиливается, на что указывает смещение количества майских осадков в сторону уменьшения их величин в частотном распределении, нисходящий тренд осадков за последние 30 лет, снижение гидротермического коэффи-

циента. Однако возводить отмеченные динамики в ранг закономерностей преждевременно. Для этого необходимо иметь более обширный фактологический материал с проекцией его на более длительный промежуток времени. Тем не менее,

Таблица 2. Влияние засухи и плодородия почвы на численность микроорганизмов,  $10^6$  КОЕ/г

| Почва                                     | Грибы | Бактерии         |                                       |                 |                       | Актиномицеты |
|---|-------|------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|
|   |       | аммонифицирующие | ассимилирующие азот минеральных солей | нитрифицирующие | целлюлозо-разлагающие |              |
| Оптимальные условия увлажнения (контроль) |       |                  |                                       |                 |                       |              |
| Низкогумусированная                       | 0.2   | 9.5              | 3.7                                   | 5.2             | 3.9                   | 2.6          |
| Высокогумусированная                      | 0.8   | 16.7             | 1.2                                   | 16.6            | 4.3                   | 50.1         |
| Засушливые условия                        |       |                  |                                       |                 |                       |              |
| Низкогумусированная                       | 0.2   | 4.7              | 0.4                                   | 1.6             | 1.6                   | 7.8          |
| Высокогумусированная                      | 1.7   | 10.6             | 0.9                                   | 16.8            | 3.9                   | 39.7         |
| <i>HCP</i> <sub>05</sub>                  | 0.3   | 4.1              | 0.4                                   | 1.9             | 0.5                   | 6.6          |

представленные в работе данные являются предупреждением к усилению засушливых явлений в почве. По причине уменьшения осадков, запасов воды в почве происходило снижение продуктивности сельскохозяйственных растений на 20–70%. Климатологические сведения отечественных и зарубежных авторов указывают на увеличение атмосферной и почвенной засух в разных регионах мира, в том числе и в умеренных широтах. Какие бы агроэкосистемы не затрагивала засуха, важным их компонентом является почва, поскольку она выступает одновременно первоначальным рецептором и средообразующим элементом. На примере агросерой почвы установлено, что увеличение в почве элементов питания за счет применения минеральных удобрений способствует ослаблению проявления засухи, на что указывают выведенные уравнения регрессии. Биодиагностический метод оценки проявления почвенной засухи показал, что более плодородная почва, обладающая достаточным потенциалом средообразующей функции, более устойчива. Поэтому предложено дополнить классическое понятие плодородия почвы новым смыслом, что это не только способность обеспечивать растения элементами питания и водой, но и создавать условия для их устойчивого функционирования в стрессовых условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черников В.А., Милащенко Н.З., Соколов О.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие // Устойчивость почв к антропогенному воздействию. Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. Кн. 3. С. 179–181.
2. Пегов С.А., Хомяков Д.М., Хомяков П.М. Влияние глобальных изменений на социально-экономическое положение России // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М.: ГЕОС, 2000. С. 60–70.
3. Ильина Л.В. Комплексное воспроизводство плодородия серых лесных почв и его эффективность. Рязань: Узоречье, 1997. С. 117–124.
4. Burke E.J., Brown S.J., Christidis N. Modeling the recent evolution of global drought and projections for the twenty-first century with the Hadley Centre Climate Model // J. Hydrometeorol. 2006. V. 7. P. 1113–1125.
5. Страшная А.И., Максименкова Т.А., Чуб О.В. Агрометеорологические особенности засухи 2010 г. в России по сравнению с засухами прошлых лет // Тр. Гидрометцентра России. 2011. Вып. 345. С. 194–214.
6. Страшная А.И., Пурина И.Э., Чуб О.В., Задорнова О.И., Чекулаева Т.С. Автоматизированная технология мониторинга и расчета количества декад с почвенной и атмосферно-почвенной засухой под зерновыми культурами // Тр. Гидрометцентра России. 2013. Вып. 349. С. 161–175.
7. Лебедева Л.А., Никитишен В.И. Плодородие почвы и устойчивость функционирования агроэкосистемы // Агрохимия. 2001. № 3. С. 55–63.
8. Емнова Е.Е., Тома С.И., Бызган Я.В., Дарабан О.В. Уреазная активность в ризосфере растений сои в условиях засухи // Агрохимия. 2014. № 3. С. 75–85.
9. Верниченко И.В., Осипова Л.В., Быковская И.А., Яковлев П.А. Влияние селена и цинка на засухоустойчивость растений сортов ячменя и их способность нормализовать азотное питание после перенесенной засухи (опыты с N<sup>15</sup>) // Агрохимия. 2015. № 3. С. 43–55.
10. Лебедева Т.Н., Семенов В.М. Эффективность применения минеральных удобрений под картофель при обычных и экстремальных гидротермических условиях вегетационного периода // Агрохимия. 2016. № 2. С. 51–59.
11. Серегина И.И., Ниловская Н.Т., Баранов А.Н. Действие силиката калия при выращивании яровой пшеницы в условиях засухи // Агрохимия. 2018. № 9. С. 56–62.
12. McDaniel J.P., Barbarick K.A., Stromberger M.E., Cranshaw W. Survivability of *Aporrectodea caliginosa* in response to drought stress in a Colorado soil // Soil Sci. Soc. Am. J. 2013. P. 1667–1672.
13. Христенко С.И., Шатохина С.Ф. Влияние гидротермических факторов на микробный комплекс оподзоленного чернозема // Почвоведение. 2002. № 3. С. 335–339.
14. Осипова Л.В., Ниловская Н.Е. Формирование зачаточного колоса и продуктивность сортов яровой пшеницы в условиях нарастающей почвенной засухи // Докл. РАСХН. 2012. № 5. С. 14–15.
15. Ziyoto C., Albrecht K.A., Baker J.M., Bernardo R. Corn performance under managed drought stress and in a kura clover living mulch intercropping system // Agron. J. 2013. P. 579–586.
16. Яковлев П.А., Верниченко И.В., Большакова Л.С. Влияние обработки семян микроэлементами на урожайность яровых зерновых культур в условиях почвенной засухи // Агрохим. вестн. 2014. № 1. С. 25–27.
17. Иванов Д.И., Харитонкина А.Е. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от обработки микроэлементами и воздействия почвенной засухи // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Мат.-лы XIII Международ. науч.-практ. конф., посвящ. памяти проф. С.А. Лапшина. Сер. “Лапшинские чтения”. 2017. С. 270–272.
18. Лиховидова В.А., Газе В.Л., Ионова Е.В., Марченко Д.М. Влияние почвенной и воздушной засухи на развитие корневой системы сортов и линий озимой мягкой пшеницы // Зерн. хоз-во России. 2018. № 4(58). С. 39–42.
19. Ray R.L., Fares A., Risch E. Effects of drought on crop production and cropping areas in Texas // Agric. Environ. Lett. 2013. P. 157–169.



20. Zhu W., Li H., Qu H., Wang Y., Misselbrook T., Li X., Ji-ang R. Water stress in maize production in the drylands of the Loess Plateau // *Vadose Zone J.* 2018. 17:180117. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.06.0117>
21. Павлова В.Н., Варчева С.Е. Оценка климатических рисков потерь урожая в региональных системах земледелия // *Фундамент. и прикл. климатол.* 2017. Т. 3. С. 122–132.
22. Лапушкина А.А., Верниченко И.В., Осипова Л.В. Влияние селена и кремния на устойчивость растен- ный ячменя к почвенной засухе // *Инновацион- ные технологии в АПК: теория и практика. Мат- лы VI Всерос. научн.-практ. конф.* 2018. С. 128–131.
23. Sherrod L.A., McMaster G.S., Delgado J.A., Schi- panski M.E., Fonte S.J., Montenieri R.L., Larson K. Soil carbon pools in dryland agroecosystems as affected by several years of drought // *J. Environ. Qual.* 2018. P. 766–773.
24. Ивойлов А.В. Анализ данных агрономических ис- следований методами непараметрической стати- стики: учеб. пособ. Саранск: Изд-во Мордов. ун- та, 2000. С. 43–48.

## Influence of Agro-Gray Soil Fertility on Microflora Activity in the Conditions of Drought in the Non-Chernozem Zone of Russia

R. N. Ushakov<sup>a,#</sup> and A. V. Ruchkina<sup>a</sup>

<sup>a</sup> P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University  
ul. Kostycheva 1, Ryazan 390044, Russia

<sup>#</sup> E-mail: nasni91@gmail.com

The dampening effect for soil drought on plants is expressed in the ability of humus to store resources (water, food elements, energy for soil processes), on the one hand, and to influence their use by plants under stress, on the other hand. Therefore, the purpose of the research was to assess the soil drought and study the stimulating effect of soil fertility of agro-gray soil (as an indicator of environmental potential) on microbiological activity. We studied the proteolytic and cellulolytic activity, as well as the activity of *Azotobacter*, the number of major groups of microorganisms. The formation of grain yield of spring crops was influenced by may precipitation, the dynamics of which indicated an increase in aridity, as well as hydrothermal conditions in June. In the absence of May and June precipitation, the probability of obtaining a grain yield of spring crops >2.0 t/ha was only 11%. Improved water availability in may increased the probability to 70%. If the improvement occurred only in June, the probability dropped to 24%. With the value of the hydrothermal coefficient (*HTC*) in May and June  $\approx 1.0$ , the probability of obtaining a profitable grain yield was  $\geq 3.0$  t / ha and was 79%. With the *HTC* of June <0.7, the yield was most dependent on hydrothermal conditions in May. In long-term field experiments with fertilizers, a close relationship was established ( $R = 0.7-0.9$ ) of crop yields from the value of the *HTC* and doses of fertilizers. The combined application of nitrogen, phosphorous and potash fertilizers at a dose of 60–80 kg active substance/ha allowed to obtain a stable yield of spring wheat and barley  $\approx 3.0$  t/ha, potatoes – 14.4–16.5 t/ha in arid conditions on agro-gray soils. The increase in the humus content in the agro-gray soil stimulated the vital activity of soil microorganisms in the conditions of soil drought. The patterns of *Azotobacter* activity were similar.

*Key words:* fertility, agro-gray soil, drought, microbiological activity, humus.